



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Superior d'Enginyeries Industrial,
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

Titulació:

Màster universitari en enginyeria de sistemes automàtics i electrònica industrial

Alumne (nom i cognoms):

Adrian Armayones Ordoñez

Enunciat TFM:

El proyecto consiste en el estudio de actualización eléctrica y electrónica de una antigua prensa excéntrica, integrando elementos actuales de automatización en un sistema de control electrónico. Cumpliendo e implementando las normas actuales de seguridad y protección de personas y equipos.

Director/a del TFG / TFM:

Antoni Guasch Petit

Codirector/a del TFG / TFM:

Jaume Figueras i Jové

Convocatòria de lliurament del TFG / TFM:

Tardor 2018

Resum

Es disposa d'una antiga premsa excèntrica que el client vol actualitzar, no només amb components i sistemes de control nous, sinó que compleixi les normes de seguretat i protecció que marca la legislació actual.

El projecte integra l'anàlisi elèctric, l'especificació de components, la ubicació i definició dels equips de protecció i el control e implementació de les seguretats, perquè un cop el projecte estigui finalitzat, es puguin implementar les mesures projectades en la premsa, complint els requeriments preestablerts.

Resumen

Se dispone de una antigua prensa excéntrica que el cliente quiere actualizar, ya no solo con componentes y sistemas de control nuevos, sino que cumpla las normas de seguridad y protección que marca la legislación vigente.

El proyecto integra el análisis eléctrico, la especificación de componentes, la ubicación y definición del equipo de protección y el control e implementación de las seguridades; para que una vez acabado el proyecto se puedan implementar las medidas proyectadas en la prensa, cumpliendo con los requerimientos establecidos.

Abstract

We dispose an old eccentric press machine that our customer wants to update, not only the components and a new control system, but also one that meets safety standards and protection established by the current legislation.

The project integrates the electrical analysis, specification of components, location and definition of the protection equipment, also the control and implementation of securities.

Once the project is finished, we will implement the projected measures in the press that meet the established requirements

Índice Memoria

Índice de figuras.....	V
Índice de tablas.....	VII
Glosario de términos	IX
1. Objetivo.....	11
1.1. Propósito.....	11
1.2. Finalidad	11
1.3. Objeto	11
1.4. Alcance	11
2. Introducción	13
2.1. Objeto del proyecto.....	13
2.2. Antecedentes y necesidades de información.	13
2.2.1. Historia de la prevención de riesgos.....	13
2.2.2. Legislación referente a seguridad en máquinas.....	15
2.2.3 Normativa aplicable al proyecto.....	19
2.2.4 PLC de seguridad	20
2.2.5 Dispositivos de seguridad.....	22
2.2.6 Máquinas de prensado y estampación en frío. Prensas.	24
3. Objetivos y especificaciones técnicas.....	27
4. Utilidad del trabajo	29
5. Planteamiento de la solución	31

II

5.1. Identificar los peligros	31
5.1.1. Riesgo eléctrico	31
5.1.2. Riesgo mecánico	32
5.1.3. Riesgo de proyección elementos	35
5.1.4. Riesgo por exposición a ruido	35
5.1.4. Riesgo por la exposición a polvo, gases, etc.	35
5.1.5. Otros riesgos.....	35
5.2. Estimación del riesgo	36
5.2.1. Severidad del daño	36
5.2.2. Probabilidad de que ocurra el daño	37
5.3. Valoración del riesgo.....	38
5.4. Disposiciones mínimas	39
5.4.1. Órganos de accionamiento	40
5.4.2. Sistemas de mando	41
5.4.3. Puesta en marcha.....	42
5.4.4. Parada.....	43
5.4.5. Riesgos debido a la proyección de objetos.....	43
5.4.5. Riesgos debido a emisión de gases, vapores, líquidos o polvo	44
5.4.5. Elementos móviles y resguardos y dispositivos de protección.	44
5.4.6. Señalización.	45
5.4.7. Consignación.....	46
5.4.8. Riesgo de incendio.	47
5.4.9. Riesgo eléctrico, contacto directo e indirecto.....	47
5.4.10. Riesgo ruido y vibraciones.....	47
6. Desarrollo de la solución	49

6.1. Protecciones de la máquina	49
6.1.1. Protección alimentación.	49
6.1.2. Protección salida retal.	52
6.1.3. Protección sistema mecánico de transmisión.	55
6.1.4. Protección zona troquel.	56
6.2. Sistema de aspiración	59
6.3. Ruido y vibraciones	59
6.4. Órganos de accionamiento.	60
6.5. Control de seguridades y emergencias	62
6.5.1. Conexión PLC de seguridad.....	63
6.5.2. Supervisión motor parado	67
6.6. Diseño del sistema de mando.	68
6.7. Puesta en marcha y parada.....	70
6.8. Consignación.	72
6.9. Señalización en la máquina.	74
6.10. Protección al riesgo eléctrico.....	75
6.10.1. Protección contacto directo	75
6.10.2. Protección contacto indirecto	76
7. Cierre de la solución	77
8. Resumen presupuesto y viabilidad económica	79
8.1. Resumen presupuesto.	79
8.1. Viabilidad económica.	79

9. Conclusiones	83
10. Planificación y programación de futuro.....	85
10.1. Planificación.....	85
10.2. Programación de futuro	87
Referencias	89

Índice de figuras.

Figura. 2.1 Comparativa PLC.....	22
Figura. 2.2 Resguardos móviles	23
Figura. 2.3 Partes de una prensa	25
Figura. 2.4 Partes prensa proyecto	26
Figura. 5.1 Atrapamiento zona troquel.....	32
Figura. 5.2 Corte zona alimentación.....	33
Figura. 5.3 Corte zona salida retal.....	34
Figura. 5.4 Atrapamiento zona salida retal.....	34
Figura. 6.1 Protección alimentador.....	50
Figura. 6.2 Protección alimentador montada.....	51
Figura. 6.3 Dispositivo de seguridad y pestillo	52
Figura. 6.4 Pistón salida retal	53
Figura. 6.5 Salida retal al contenedor	53
Figura. 6.6 Layout protección salida retal	54
Figura. 6.7 Dispositivo seguridad salida retal	55
Figura. 6.8 Protección sistema mecánico	55
Figura. 6.9 Protección troquel lateral	56
Figura. 6.10 Protección troquel central	57
Figura. 6.11 Dispositivo seguridad con bloqueo	57
Figura. 6.12 Dispositivo PSWZ.....	58
Figura. 6.13 Aspiración de partículas	59

VI

Figura. 6.14 Layout panel de control.....	61
Figura. 6.15 Layout elementos panel de control	62
Figura. 6.16 Layout conexiones PNOZ m B0	64
Figura. 6.17 Programa PLC seguridad parte 1	66
Figura. 6.18 Programa PLC seguridad parte 2	66
Figura. 6.19 Conexiones PSWZ	68
Figura. 6.20 Maniobra marcha/paro motor principal	71
Figura. 6.21 Maniobra paro embrague	72
Figura. 6.22 Candado de consignación.....	73
Figura. 6.23 Seccionador	73
Figura. 6.24 Válvula general aire	74
Figura. 6.25 Señalización riesgo eléctrico.....	75

Índice de tablas.

Tabla 5.1. Tabla nivel de riesgos	39
Tabla 5.2. Tabla grado de riesgos	39
Tabla 8.1. Tabla coste material.....	80
Tabla 8.2. Tabla coste mano de obra	80
Tabla 10.1. Tareas del proyecto	86
Tabla 10.2. Gantt del proyecto	86
Tabla 10.3. Costes directos del proyecto	86

Glosario de términos

A	Amperios
ANSI	Instituto nacional americano de estándares.
CE	Conformidad Europea
CPU	Unidad central de procesamiento
cm	centímetros
CSA	Asociación canadiense de la estandarización
dB	Decibelio
D	Directiva
DC	Corriente continua
FC	Final de Carrera
HMI	Interface hombre maquina
Hz	Hercios
ID	Interruptor diferencial
ISO	Organización internacional de la estandarización
ITC	Instrucción técnica complementaria
KVA	Kilo Voltio Amperio
KW	Kilowatios
mA	miliamperios
mm	milímetros
ms	milisegundos

X

Nm Newton metro

NA Normalmente abierto

NC Normalmente cerrado

NO Normalmente abierto

OTI Organización internacional del trabajo

PIA Pequeño Interruptor Automático

PLC Controlador Lógico Programable

PNP Positivo Negativo Positivo

PR Registro de posición

PRL Prevención de riesgos laborales

RD Real Decreto

UD Unidad

UNE Una Norma Española

V Volts

VDC Voltios en corriente continua

VAC Voltios en corriente alterna

1. Objetivo

1.1. Propósito

El proyecto pretende dar solución al problema que genera tener una máquina con elementos muy antiguos y obsoletos, con un sistema de control básico mediante lógica cableada y que no cumple los requisitos mínimos en protección y seguridad. Se actualizará la máquina para que el operador trabaje como indica la legislación vigente, profundizando sobre los aspectos que interfieren en la seguridad y protección.

1.2. Finalidad

La finalidad del proyecto es que la máquina con la modificación cumpla la reglamentación vigente y sea más operativa tanto en producción como en trabajos de mantenimiento y seguridad.

1.3. Objeto

El proyecto consiste en el estudio de actualización eléctrica y electrónica de una antigua prensa excéntrica, integrando elementos actuales de automatización en un sistema de control electrónico. Enfocado principalmente en la seguridad de la máquina, cumpliendo e implementando las normas actuales de seguridad y protección de personas y equipos.

1.4. Alcance

La realización del proyecto incluye el análisis y definición de los sistemas de protección y seguridad, definición de componentes eléctricos a instalar, programación del PLC safety y definición de sus conexiones, todo ello referente a los elementos y sistemas que componen la seguridad y protección de personas y equipos.

No se realizará el diseño, instalación, fabricación ni montaje de los componentes, el proyecto no incluye estudios ni pruebas para la homologación del producto, ni tampoco se realizará el certificado CE de la máquina.

2. Introducción

2.1. Objeto del proyecto

El objeto del proyecto es realizar el estudio de actualización eléctrica y electrónica de la prensa excéntrica, integrando elementos actuales de automatización en un sistema de control electrónico. El elemento más importante del proyecto y donde se va a enfocar el estudio, es en la seguridad de la máquina; actualizando sus sistemas, cumpliendo e implementando las normas actuales de seguridad y protección de personas y equipos.

2.2. Antecedentes y necesidades de información.

Como se comenta en el punto anterior, el proyecto se va a enfocar más en la adecuación de la seguridad de la máquina, por tanto, los antecedentes y necesidades de información van a ir relacionados con este asunto.

Es una materia poco trabajada en la universidad, tanto en master como en grado, por lo que la búsqueda de información es una de las tareas más importantes para realizar el trabajo.

2.2.1. Historia de la prevención de riesgos

La seguridad industrial está intrínsecamente ligada al instinto de conservación del hombre incluso desde su misma fecundación; los pasos posteriores dados son la materialización de la sabia naturaleza, sin embargo, cuando la vida y la integridad del trabajador se enfrentan al poder, los intereses económicos y las utilidades de los imperios industriales, estas primeras pierden importancia y ha de ser por esta razón que han tardado demasiado en regular y legislar sobre el tema y se implementaron los sistemas de seguridad industrial cuando ya se habían generado miles de muertes y trabajadores incapacitados parcial o totalmente. [14]

Los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales tienen un incremento considerable con la llegada de la denominada “era de la máquina” durante la revolución industrial y la mecanización de los procesos a raíz del aprovechamiento de la fuerza de vapor. [14]

Durante el siglo XVIII, era algo común las muertes y mutilaciones, las condiciones para los trabajadores eran horribles; por ejemplo, jornadas de 14 horas, máquinas sin ningún tipo de protección de seguridad; pero lo que más afectó a las autoridades fue el hecho que más de la mitad de la población trabajadora eran mujeres y niños; esta fue una razón de gran importancia para mejorar las condiciones de trabajo por parte de las administraciones.

En 1883 en Francia, se crea una empresa que asesora a los industriales en materia de seguridad industrial, pero es realmente hasta el año 1919 que nace la OIT (Organización Internacional del Trabajo), cuyo objetivo primordial es promover oportunidades para que mujeres y hombres puedan obtener un trabajo decente y productivo en condiciones de libertad, igualdad, seguridad y dignidad humana. [14]

En España tiene una historia larga que se remonta casi a principios del siglo XX, pero no es hasta los últimos años del franquismo y el comienzo de la democracia donde se empiezan a desarrollar políticas referentes a la prevención de riesgos laborales.

Una de las primeras políticas de la historia de la PRL en España fue la creación en 1971 de El Plan Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo; esta institución se puede considerar como el antecedente del actual Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). [1]

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo no se constituyó hasta 1978 como un organismo adscrito al Ministerio de Trabajo. No obstante, como hemos dicho, su antecesor es lo que conocemos como Plan Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo. [1]

Este Plan nació por el aumento de accidentes de trabajo que se estaba observando en los últimos años. Por ejemplo, en 1970 se contabilizaron más de dos millones de accidentes laborales, de los cuales casi 3.000 fueron mortales y más de 15.000 ocasionaron lesiones definitivas. Esto quiere decir que unas ocho personas al día perdían la vida en toda España por algún accidente laboral y más 41 quedaban inutilizadas. [1]

Durante la transición, como era de esperar, se produjeron una gran cantidad de modificaciones a nivel legal y territorial que afectaron la incipiente implantación de la prevención laboral en España. Por ejemplo, se desligó la prevención laboral de la Ley de

Seguridad Social y muchos otros cambios administrativos que pretendían dar una mayor operatividad a cada una de las instituciones. [1]

Con la entrada de España en la Unión Europea, se tuvo gran trabajo en adaptar la normativa española a las exigencias de UE. Uno de los cambios más importantes fue la promulgación de la ley 89/391/CEE, que condicionó grandes cambios en la ley española, originando la actual Ley de prevención de Riesgos de 1995. [2]

2.2.2. Legislación referente a seguridad en máquinas

Las legislaciones referentes a las máquinas se establecen desde 2 ámbitos diferentes, uno referente al fabricante de maquinaria que afecta al ámbito de industria y el otro el referente al usuario o propietario de la máquina que afecta al ámbito de Prevención de Riesgos.

Se tiene una tercera directiva, referente al uso de equipos de trabajo en altura (D 2001/45/CE), pero aplicable en pocos casos. En el caso de este proyecto no se aplica. [3]

Directiva de máquinas (fabricante de maquinaria) (D 2006/42/CE)

Esta directiva afecta a los fabricantes de maquinaria, es la conocida directiva de máquinas. Esta directiva afecta a las máquinas que se van a comercializar por vez primera, hablamos de la primera puesta a disposición en la comunidad europea con vistas a su utilización o distribución.

Esta directiva ha sufrido diversas modificaciones, desde que se aprobara la directiva 89/392/CEE el 14 de junio de 1989. Es la primera directiva de máquinas, la que reúne las legislaciones de los Estados Miembros sobre máquinas.

Las Directivas 91/368/CEE y 93/44/CEE ampliaron su campo de aplicación y la Directiva 93/68/CE modifico ciertos aspectos “horizontales”. [8]

Las modificaciones realizadas en cada una de ellas:

- La Directiva 91/368/CEE amplió el ámbito de aplicación de la Directiva de máquinas a los equipos intercambiables, las máquinas móviles y las máquinas para la elevación de objetos. Se añadieron las partes 3, 4 y 5 al anexo I.[4]

- La Directiva 93/44/CEE amplió el ámbito de aplicación de la Directiva de máquinas a los componentes de seguridad y a las máquinas para la elevación y el desplazamiento de personas. Se añadió la parte 6 al anexo I.[5]
- La Directiva 93/68/CEE introdujo disposiciones armonizadas relativas al mercado CE.[6]

La Directiva 98/37/CE permaneció en vigor hasta el 29 de diciembre de 2009. [7]

La Directiva 2006/42/CE se considera una refundición de la Directiva de máquinas, ya que las modificaciones se presentan en forma de nueva Directiva. [8]

Por tanto, la Directiva 2006/42/CE es la directiva en vigor, que en España tiene su transposición en el real decreto RD 1644/2008.

Esta directiva se aplica a los siguientes productos:

- Las máquinas
- Equipos intercambiables
- Componentes de seguridad
- Accesorios de elevación
- Cadenas, cables y cinchas
- Dispositivos amovibles de transmisión mecánica
- Cuasi maquinas

En nuestro caso, la aplicación recae sobre las máquinas y los componentes de seguridad; la directiva define estos términos como:

- **Máquina:** Conjunto de partes vinculadas asociados para una aplicación, provisto de un sistema de accionamiento distinto a fuerza humana/animal.
- **Componente de seguridad:**
 - Que sirva para desempeñar una función de seguridad
 - Que se comercialice por separado
 - Cuyo fallo y/o funcionamiento defectuoso ponga en peligro la seguridad de las personas

Como se ha comentado anteriormente, esta directiva afecta al fabricante que va a comercializar por vez primera una máquina dentro de la comunidad europea. La directiva define a fabricante como:

“Puede ser una persona física o jurídica, que diseñe y/o fabrique una máquina cubierta por este real decreto y que sea responsable de la conformidad de dicha máquina con este real decreto, con vistas a su comercialización, bajo su propio nombre o su propia marca, o para su propio uso.” [8]

De la directiva se extrae también que como fabricante puede considerarse:

- Al usuario que junta máquinas para que trabajen de forma automatizada.
- Si se realiza una modificación sustancial en la máquina nos convierte en fabricante.

Por tanto, esta directiva afecta a las máquinas que van a realizar su primera puesta en servicio o utilización o la primera puesta a disposición en la comunidad europea, por medio de un fabricante.

Directiva utilización equipos de trabajo (D 95/63/CE)

En esta directiva se establecen las directivas mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

La regulación del uso de equipos de trabajo se remonta a 1963 [11], donde aparecen diversas disposiciones relativas a la protección de la maquinaria, orientadas a evitar riesgos para la integridad física de los trabajadores, en el convenio núm. 19 de la organización internacional del trabajo. Más adelante, en el convenio de 1985 aparecen nuevas directrices para prevenir los riesgos de accidentes y otros daños en la salud de los trabajadores.

Ya en el ámbito de la Unión Europea, la primera directiva fue la D 89/655/CEE del 30 de noviembre de 1989, modificada por la directiva D95/63/CE del 5 de diciembre de 1995; estas directivas establecen las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de los equipos de trabajo. [9-10]

En España, esta directiva fue traspuesta al ámbito español en el Real decreto 1215/1997 del 18 de Julio de 1997.

Esta directiva, en lo que compete a la realización de este proyecto, es la aplicación de su anexo I, la parte referida a los requisitos de los equipos de trabajo. El Real decreto dice: “Los equipos de trabajo, que en la fecha de entrada en vigor de este Real Decreto estuvieran a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo, deberán ajustarse a los requisitos establecidos en el apartado 1 del anexo I en el plazo de doce meses desde la citada entrada en vigor”. [11]

Este anexo indica las disposiciones que tienen que estar conformes los equipos de trabajo, el empresario tiene que decidir si sus equipos de trabajo son conformes o no a las disposiciones de este anexo y, en caso de disconformidades, tiene que definir cuáles son las medidas preventivas que va a adoptar, para ello debe realizar la evaluación de riesgos. Como regla general, para tomar decisiones, previamente se han de identificar los peligros que generan dichos equipos (es decir, cuáles son las fuentes con capacidad potencial de producir daños), las circunstancias en las que los trabajadores pueden estar expuestos a dichos peligros (situaciones peligrosas) y, en esas circunstancias, los sucesos que pueden dar lugar a que se produzca una lesión o un daño a la salud; finalmente, se estima la magnitud de los riesgos correspondientes. [11]

Por tanto, esta directiva afecta al empresario, es responsable y su obligación tener la máquina en condiciones óptimas, por parte de la empresa propietaria del equipo se tiene que realizar una identificación y evaluación de riesgos del equipo según los criterios de seguridad establecidos en el Anexo I del Real Decreto.

En este proyecto el cliente nos contrata para actualizar la parte electrónica y de seguridad, pero sin ninguna modificación relevante en la máquina ni en su funcionamiento, siendo una máquina de los años 70 se tendrán en cuenta las disposiciones del anexo I del Real Decreto 1215/97. De todas maneras, teniendo en cuenta que se utilizarán dispositivos de seguridad modernos, se estudiará también la aplicación de las disposiciones de la directiva D 2006/42/CE y su normativa vinculada.

2.2.3 Normativa aplicable al proyecto

Ha continuación se listan las normas aplicables al proyecto.

NORMA UNE-EN 692:2006+A1:2009. Máquinas-herramienta. Prensas mecánicas. Seguridad.

Esta norma especifica las medidas y requisitos técnicos de seguridad que deberán adoptar aquellas personas involucradas en el diseño, fabricación y suministro de las prensas mecánicas con embrague de revolución a trabajar metales en frío.

Esta norma es aplicable a la máquina del proyecto ya que se trata de una prensa excéntrica con embrague.

NORMA UNE-EN ISO 13849. Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad.

Esta norma proporciona requisitos de seguridad y orientaciones sobre los principios para el diseño e integración de las partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad.

Está formada por 2 partes, la primera de principios generales y la segunda de validación.

NORMA UNE-EN ISO 4414:2011 Transmisiones neumáticas. Reglas generales y requisitos de seguridad para los sistemas y sus componentes.

Esta norma internacional especifica las normas generales y requisitos de seguridad para sistemas y componentes de transmisión neumática utilizados en las máquinas. Considera los peligros significativos asociados a los sistemas de transmisión neumática y especifica los principios a aplicar para evitar dichos peligros cuando los sistemas se emplean de acuerdo con su uso previsto.

En el proyecto, hay varios accionamientos neumáticos, por lo que se tiene que tener en cuenta esta norma.

NORMA UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo.

Esta norma tiene por objeto describir los peligros básicos y facilitar al diseñador la identificación de peligros relevantes y significativos, ofrece a los diseñadores una vista general completa de la fabricación de máquinas que son seguras para su uso previsto.

OTRAS NORMAS DE INTERÉS:

NORMA UNE-EN-ISO 1857:2008 Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores e inferiores.

NORMA UNE-EN-349:1994 Seguridad de las máquinas. Distancias mínimas para evitar aplastamiento de partes del cuerpo.

NORMA UNE-EN 1837:1999 Seguridad de las maquinas. Iluminación integrada en las máquinas.

NORMA UNE-EN 574:1997 Seguridad de las máquinas. Dispositivos de mando a dos manos.

NORMA UNE-EN 1037:1996 Seguridad de las máquinas. Prevención de una puesta en marcha intempestiva.

NORMA UNE-EN ISO 13850:2008 Seguridad de las máquinas. Parada de emergencia. Principios para el diseño.

NORMA UNE-EN-ISO 14120 Seguridad de las máquinas. Resguardos: requisitos generales para el diseño y construcción de resguardos móviles y fijos-

2.2.4 PLC de seguridad

Un autómata programable es un dispositivo electrónico programable diseñado para controlar, en tiempo real y en ambiente industrial, procesos de ámbito secuencial.

Con la entrada del motor eléctrico a mediados del siglo XX, su control se realizaba con paredes de relés y temporizadores. En 1960 con la llegada de los transistores, aparecieron los primeros controladores electrónicos lógicos cableados, el espacio se redujo considerablemente.

En 1968, General Motors realiza un concurso para proponer un controlador electrónico programable, el ganador fue Bedfors Associates, con el PLC MODICON 084. En 1974, ALLEN-Bradley patenta el término PLC.

Conforme transcurrieron los años los PLCs fueron cada vez más potentes, sus microprocesadores son cada vez más rápidos, tienen mayor capacidad de memoria, se le incorporaron posibilidades de comunicación con otros PLCs y con sistemas de visualización, se descentralizó la periferia, en definitiva, aumentaron tanto sus prestaciones que hoy en día desempeñan su labor en multitud de campos dentro de la industria que no eran imaginables en los comienzos.

Los sistemas basados en relés siguieron utilizándose durante algún tiempo en aplicaciones concretas donde prima la seguridad, es decir en aquellas aplicaciones donde lo que se pretende no es controlar un proceso y procurar que funcione eficientemente sin que pare la producción, sino en aquellas aplicaciones cuya función es llevar la planta a un estado seguro cuando se cumple alguna situación predefinida que pueda provocar algún accidente, ya sea con daños a personas, daños medioambientales o daños a los propios equipos.

Ante este tipo de aplicaciones de seguridad los relés cumplen esta función eficazmente porque presentan mayor nivel de seguridad que el PLC.

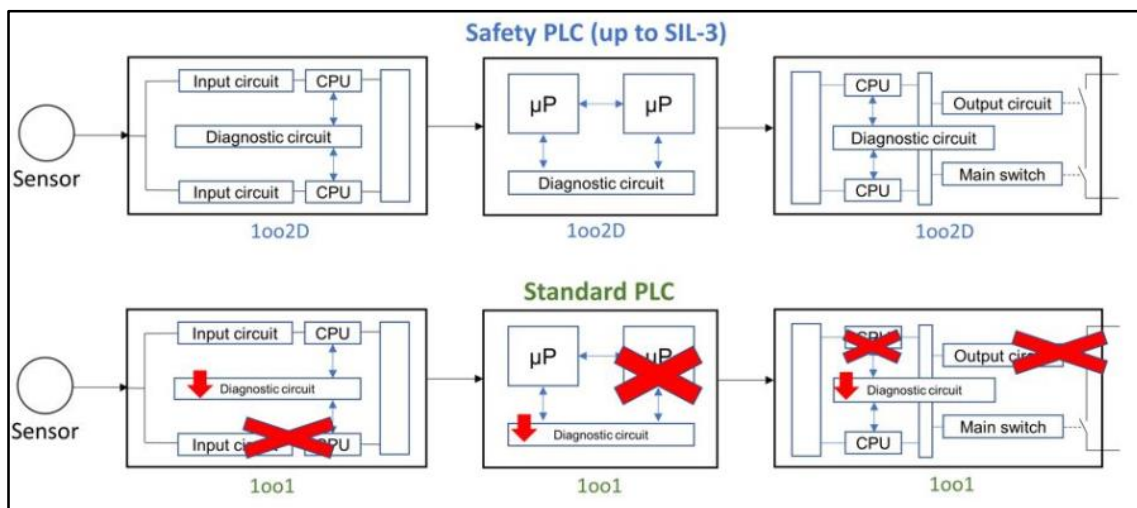
Surge por lo tanto la necesidad de crear un equipo basado en sistemas electrónicos programables, decir un PLC, pero con un nivel de seguridad mayor que el PLC general, y es ahí donde entra en juego el PLC específico para aplicaciones de seguridad. [12]

Cuando hablamos de una aplicación de seguridad estamos hablando de utilizar un sistema cuya finalidad no es mantener una producción procurando que ésta no pare, sino que su cometido es llevar la planta a un estado seguro cuando se produzca alguna situación potencialmente peligrosa, de ahí que no se busca un sistema orientado fundamentalmente al proceso sino un sistema fiable que cuando se requiera que entre en funcionamiento tengamos certeza de que lo hará.

El principal problema de las aplicaciones de seguridad es que son aplicaciones en el que su modo de operación normal es en estado dormido, son sistemas normalmente pasivos, que están a la espera de que ocurra un hecho predeterminado para entrar en

funcionamiento, por ello si no somos capaces de diagnosticar todos nuestros dispositivos para saber si funcionan correctamente con antelación quizás sea demasiado tarde porque va a ser cuando se requiera que entren en funcionamiento. [12]

Para resolver estos problemas los PLC de seguridad son equipos orientados principalmente a que cuando se requiere su funcionamiento estén en perfectas condiciones de funcionamiento, para ello la característica principal que disponen es la capacidad de diagnosticar tanto los fallos internos con los posibles fallos externos al propio equipo. Para ello el PLC está equipado con Doble CPU para garantizar el correcto funcionamiento, salida de pulsos programados en las entradas de seguridad para identificar problemas en el cableado y salida de relés redundantes para asegurar su apertura y cierre.



Fuente: PLCDesign

Figura. 2.1 Comparativa PLC

2.2.5 Dispositivos de seguridad

Los dispositivos de protección son los encargados de proteger a las personas de los peligros que puede generar una máquina. Son sobre todo vallados o barreras que dificultan el acceso a la máquina. Sin embargo, no siempre es posible colocar protecciones fijas, en estos casos se opta por soluciones de control que desconectan la máquina o una parte; o la conmutan de otra forma al estado seguro, al aproximarse una persona a una fuente de peligro.

Los tipos de dispositivos de seguridad son los siguientes:

Resguardos fijos: Un resguardo fijo es una parte de una máquina que garantiza protección mediante un obstáculo físico. El dispositivo de protección puede consistir en una valla de protección, una barrera, cubiertas, etc. Puede estar soldado, pegado o montado con elementos de fijación (pernos, remaches, etc.). Los resguardos fijos dificultan físicamente el acceso a la máquina.

Según lo especificado en la Directiva de Máquinas, las fijaciones de los resguardos fijos solo deben poder soltarse o desmontarse con herramientas. Una vez desmontados los dispositivos de protección, los elementos de fijación deben permanecer conectados con la máquina o con los dispositivos de protección. Los resguardos no deben permanecer en posición de protección después de soltar los elementos de fijación. [15]

Resguardos móviles: están conectados generalmente por medios mecánicos con el bastidor de la máquina o una parte fija cerca de la máquina. El dispositivo de protección puede estar fijado con bisagras o sobre raíles. Se abren sin herramientas y actúan solo en posición cerrada.[15]



Fuente: pilz.com

Figura. 2.2 Resguardos móviles

Resguardos móviles con enclavamiento: Los resguardos móviles pueden estar conectados con un dispositivo de enclavamiento. El dispositivo de enclavamiento se encarga de detener las funciones peligrosas de una máquina al abrir, por ejemplo, una puerta protectora y de impedir de modo seguro una puesta en marcha intempestiva. [15]

Parada de emergencia: De acuerdo con la Directiva de Máquinas, las máquinas e instalaciones deben contar con un dispositivo de parada de emergencia que, en caso de emergencia, permita evitar o limitar un eventual peligro. Los dispositivos de mando de parada de emergencia se accionan manualmente en caso de peligro y generan una señal para detener un movimiento peligroso. Cuando se dispara la orden de parada de emergencia, el dispositivo de mando de parada de emergencia se enclava. El enclavamiento ha de permanecer activo hasta que se desbloquee manualmente. No es necesario desconectar la alimentación de la máquina completa.

Dispositivos de protección: Los dispositivos de protección no impiden el acceso y la entrada a la zona peligrosa de la máquina, pero, al activarse, desconectan de forma segura los movimientos peligrosos. Ejemplos de estos dispositivos de protección: barreras fotoeléctricas de seguridad, rejas fotoeléctricas de seguridad, escáneres, alfombras sensibles o mandos a dos manos.

2.2.6 Máquinas de prensado y estampación en frío. Prensas.

Se han incrementado las aplicaciones del estampado y embutición de chapa metálica en todos los sectores industriales, sobre todo en la industria del automóvil y electrodomésticos. Los equipos de trabajo con los que se trabaja las chapas metálicas para deformación en frío son capaces de cortar, embutir, siendo estas operaciones implantadas en empresas de altas producciones por su rentabilidad, consiguiendo en muchos casos piezas totalmente acabadas y funcionales para la aplicación que se habían diseñado.

La prensa excéntrica es una máquina diseñada para transmitir energía desde un motor principal hacia un punto mediante un sistema mecánico, con el fin de trabajar un metal mediante un troquel o molde. Esta energía se transmite mediante un volante de inercia y un embrague.

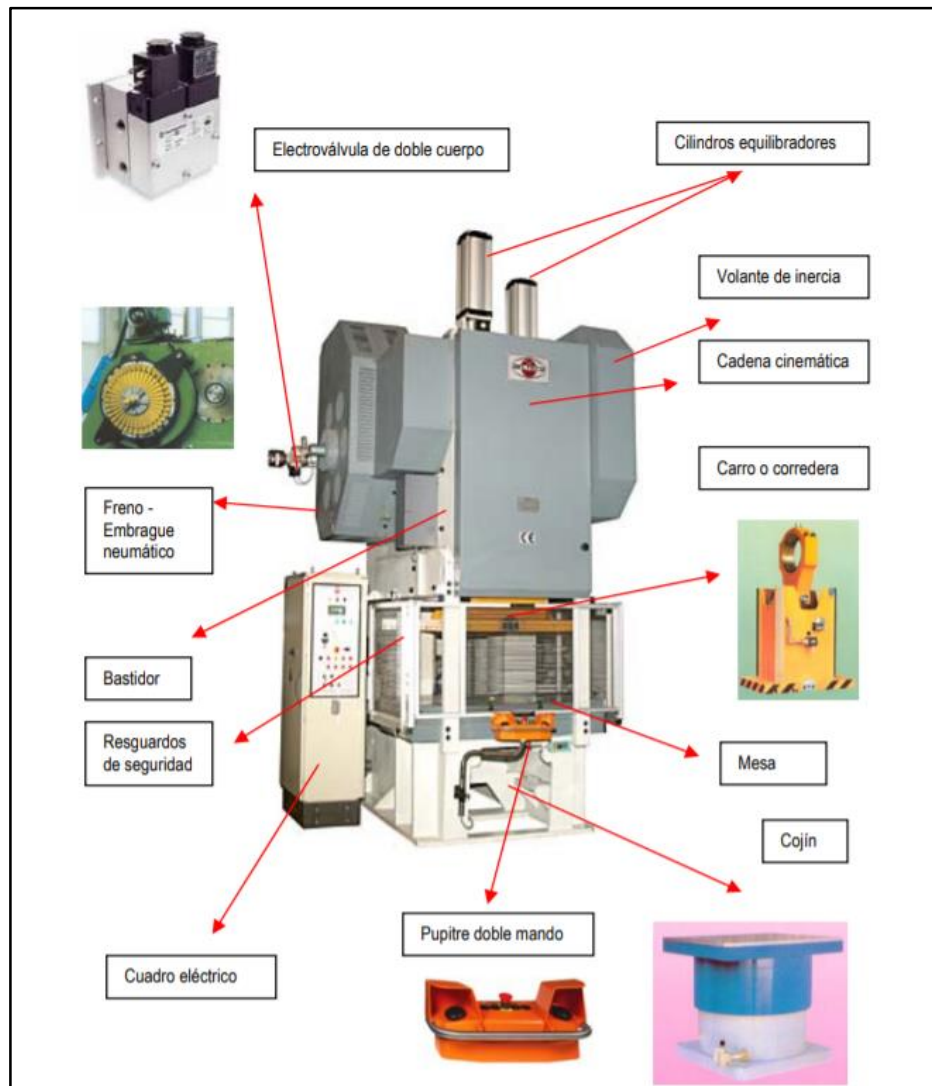
Estas prensas están formadas por una fuerte y sólida base sobre las que se disponen cuatro columnas.

Funcionan con un carro accionado por un eje principal y su correspondiente cinemática.

[17]

Las principales partes de una prensa excéntrica:

- Motor: eléctrico, encargado de transformar la energía eléctrica en energía mecánica.



Fuente: CEPYME

Figura. 2.3 Partes de una prensa

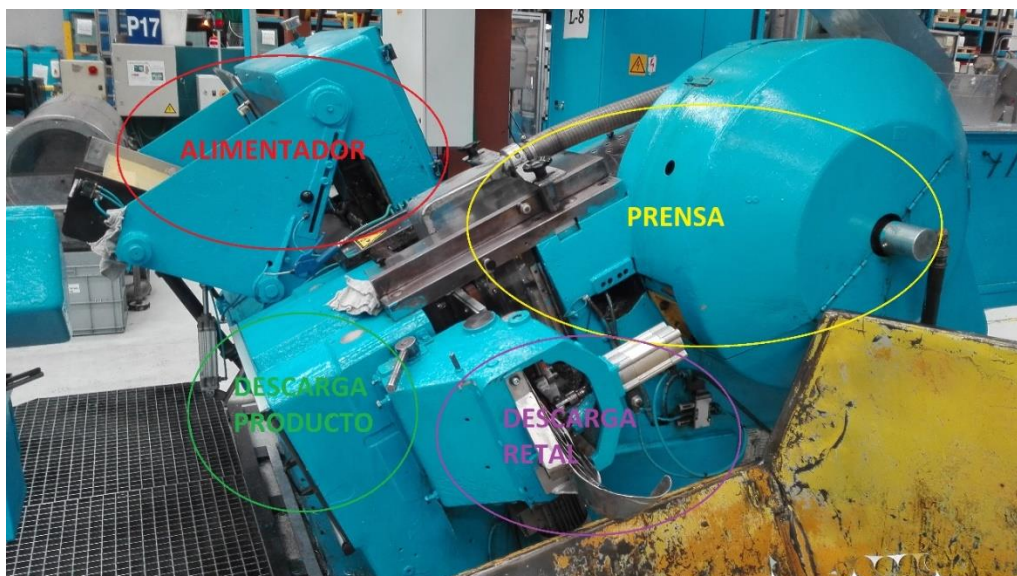
- Volante de inercia: Es un acumulador de energía. Evita que la máquina se pare. Recibe el movimiento del motor y lo transmite al eje principal gracias al embrague. Hace que en momentos de necesidad de potencia cede energía para poder retornar sin problemas al ciclo de la máquina, se reduce mucho la potencia del motor principal.
- Embrague: Suelen ser neumáticos o hidráulicos, es el encargado de regular el funcionamiento de la cadena cinemática. Si la máquina está embragada, el movimiento del motor y del volante de inercia se envía al eje principal.

- Cadena cinemática: Es la encargada de transmitir y convertir el movimiento rotacional de motor en movimiento lineal al carro.

La prensa del cliente fabrica tapones de aluminio para el sector de la alimentación, sus principales clientes son embotelladores de agua, licores, vino y cerveza.

En el caso de la prensa del proyecto, a parte de la propia prensa, la máquina está constituida por 3 elementos auxiliares. El alimentador, la descarga de producto y la descarga de metal.

- El alimentador: El operador de la maquina carga a mano las láminas de aluminio en una mesa de carga del alimentador. Este mediante un sistema mecánico con pistones neumáticos y ventosas, va introduciendo las láminas a la prensa.
- Descarga de producto: El tapón ya embutido, cae a un deposito que está conectado a una tubería, que mediante aspiración va hacia el siguiente proceso. Se trata de un sistema de sencillo de depósito y canalización de las tapas estampadas. Esta debajo del troquel.
- Descarga de retal: A la salida de la prensa, se encuentra esta máquina. Cuando se detecta que la prensa ha estampado los últimos tapones de la lámina en curso, un pistón neumático con un motor se acciona para sacar el retal de la máquina y depositarlo en el contenedor de retales.



Fuente: Elaboración Propia

Figura. 2.4 Partes prensa proyecto

3. Objetivos y especificaciones técnicas

El objetivo principal del proyecto es que el cliente tenga una máquina con componentes actuales, un sistema de control robusto y flexible, menos paradas debido al mal funcionamiento o deterioro de elementos y garantizar un trabajo seguro al operador de la máquina cumpliendo los requisitos en seguridad.

En el proyecto nos centraremos en el último aspecto, el de garantizar un trabajo seguro al operador de la máquina cumpliendo los requisitos en seguridad.

Los objetivos y especificaciones generales son los siguientes:

Todos los componentes del armario serán actuales, instalando material en vigor cumpliendo con la normativa vigente.

El control de la máquina se realizará con un autómata, como se ha comentado anteriormente se programará en base a la documentación aportada por el cliente de una prensa más moderna, la prensa L16, que tiene en su poder. Con el autómata se instalará un panel HMI para que el operador pueda interactuar con la máquina, de esta manera se retiran todos los pulsadores y selectores que ahora hay en el panel de control.

Con estas medidas se garantiza tener componentes vigentes y modernos, un sistema de control que nos va a permitir sacar más rendimiento a la máquina y realizar modificaciones de forma rápida y sencilla, se evitan paradas por mal funcionamiento de elementos y si las hay, el control es capaz de diagnosticar problemas y facilitar las tareas de mantenimiento.

Todas estas especificaciones son generales, ya que son las que el cliente ha dado para realizar toda la actualización, en esto proyecto se va a definir las medidas a llevar a cabo a la hora de realizar la actualización en lo referente a la seguridad y protección de personas y equipos.

Por tanto, a continuación, se tienen las especificaciones relacionadas con la seguridad y protección.

La máquina tiene una serie de equipos de seguridad, pero son insuficientes, estos equipos son:

- Seta de emergencia.
- Resguardos fijos
- Resguardos móviles sin enclavamiento.

Estas seguridades están presentes, pero no se puede garantizar su correcto funcionamiento, ya que su instalación y funcionalidad no cumple la legislación vigente.

La implementación de la seguridad de la máquina no ha de modificar el normal funcionamiento que se tiene actualmente, en cuanto a hábito de trabajo y en producción; siempre que sea posible.

El objetivo es analizar las seguridades con un estudio de evaluación de riesgos, de esta manera se pueden evaluar las seguridades presentes y las necesarias.

Una vez realizado el estudio, hay que implementar esas medidas, definiendo las protecciones necesarias y como se van a gestionar para garantizar el trabajo del operador sin ningún tipo de riesgo con la máquina

A parte de los riesgos detectados, se analizarán todas las disposiciones a revisar según la legislación.

Se recomendarán las características de los componentes a instalar y también como se deben conectar.

4. Utilidad del trabajo

Las máquinas son peligrosas por naturaleza. Existe un riesgo derivado de la manipulación de las máquinas en general, por lo que debemos considerar la obligatoriedad de que estas reúnan los sistemas de protección más adecuados al tipo de máquina y al sistema de trabajo.

El incumplimiento en prevención de riesgos laborales es causa de diferentes sanciones hacia la empresa o el empresario, y su desconocimiento no le exime de estas penalizaciones.

Desde el punto de vista administrativo, las multas por no seguir la regularización oscilan entre los 2.045 euros por faltas leves de menor importancia hasta 40.985 euros por faltas graves. Hasta tal punto de suponer al empresario un coste de 819.780 euros por las muy graves.

Desde el punto de vista civil, han aumentado el número de indemnizaciones hacia los trabajadores por el incumplimiento de las prevenciones de seguridad en la empresa, estas indemnizaciones son muy variables y pueden causar el cierre de una pequeña o mediana empresa.

Desde el punto de vista penal, se considerará penal cuando no se faciliten los medios necesarios a los empleados para la correcta manipulación de cualquier tipo de maquinaria o instrumento operativo de la empresa, o en el caso de fallecimiento por no aportar las medidas de seguridad necesaria, al considerarse delito contra los derechos de los trabajadores. Se le podría sancionar con penas de prisión de hasta 3 años de cárcel, y en caso de fallecimiento, sería delito de homicidio por imprudencia.

Desde el punto de vista laboral, en caso de no estar asegurado de manera legal en la Seguridad Social, se le impondrá un recargo desde el 30 % al 50% de manera compensatoria, además de todos los recargos que ha supuesto dicha baja. [16]

Nuestro cliente tiene una maquina antigua que no garantiza que cualquier operador de máquina pueda sufrir algún accidente. Este es el principal motivo que hace que nuestro cliente realice este proyecto.

Realmente no es el único, ya que al actualizar la máquina en diferentes aspectos se mejoran muchas más facetas.

Por tanto, la utilidad principal del trabajo es la de garantizar que la modernización de la prensa excéntrica cumple con los requisitos mínimos en seguridad, garantizando que los trabajadores que operan en ella lo hagan sin riesgo alguno.

5. Planteamiento de la solución

La máquina del proyecto está trabajando en las instalaciones del cliente desde hace muchos años, tiene una fecha de puesta en mercado anterior a 1995. Por tanto, según se ha comentado en el apartado 2, la directiva de utilización equipos de trabajo (D 95/63/CE) en España el Real Decreto 1215/1997, es la aplicable a la máquina de este proyecto.

Esta directiva establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Estas medidas son adoptadas por el empresario para garantizar la seguridad y salud a sus trabajadores en el uso de dicho equipo.

Para conseguir que la máquina se adapte a la normativa debe cumplir las disposiciones mínimas aplicables a los equipos de trabajo, detallado en el Anexo I del Real Decreto, como también las disposiciones relativas a la utilización de los equipos de trabajo.

Tanto el Anexo I como el Anexo II señalan al inicio de su disposición la necesidad de realizar una evaluación de riesgos, para poder determinar cuáles son los requisitos que se han de aplicar en el proyecto y tener información para seleccionar las medidas preventivas.

5.1. Identificar los peligros

Para poder realizar una evaluación de riesgos, la primera tarea consiste en identificar los peligros de la máquina.

5.1.1. Riesgo eléctrico

Pueden producirse lesiones, la muerte, quemaduras internas o externas debido al choque eléctrico.

Hay que evitar que se pueden producir contactos con pares activos como contactos indirectos debido a partes que accidentalmente se han puesto en contacto con tensión debido a un fallo de aislamiento.

Por tanto, en el proyecto se tienen:

- Riesgo eléctrico por contacto directo, ya que hay conexión tanto dentro del armario como en los diferentes componentes en la máquina.
- Riesgo eléctrico por contacto indirecto, al tener diferentes elementos de la máquina que necesitan energía eléctrica para funcionar, se puede dar el caso que por un fallo en el aislamiento de su conexión se tengan contactos indirectos.

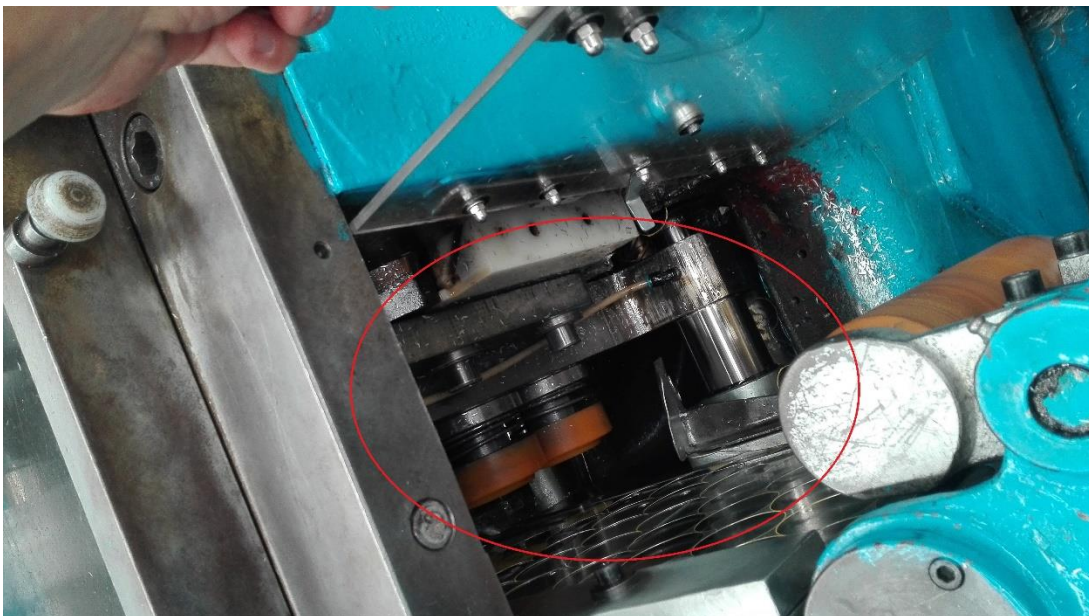
5.1.2. Riesgo mecánico

El riesgo mecánico es aquel que puede producir lesiones debidas principalmente a los elementos móviles de la máquina o del material con el que se trabaje.

Hay diferentes tipos de lesiones, las más comunes son: Corte, seccionamiento, cizallamiento, aplastamiento, enganche, atrapamiento, punzonamiento, fricción, abrasión o proyección de fluido a alta presión.

En el proyecto, se tiene:

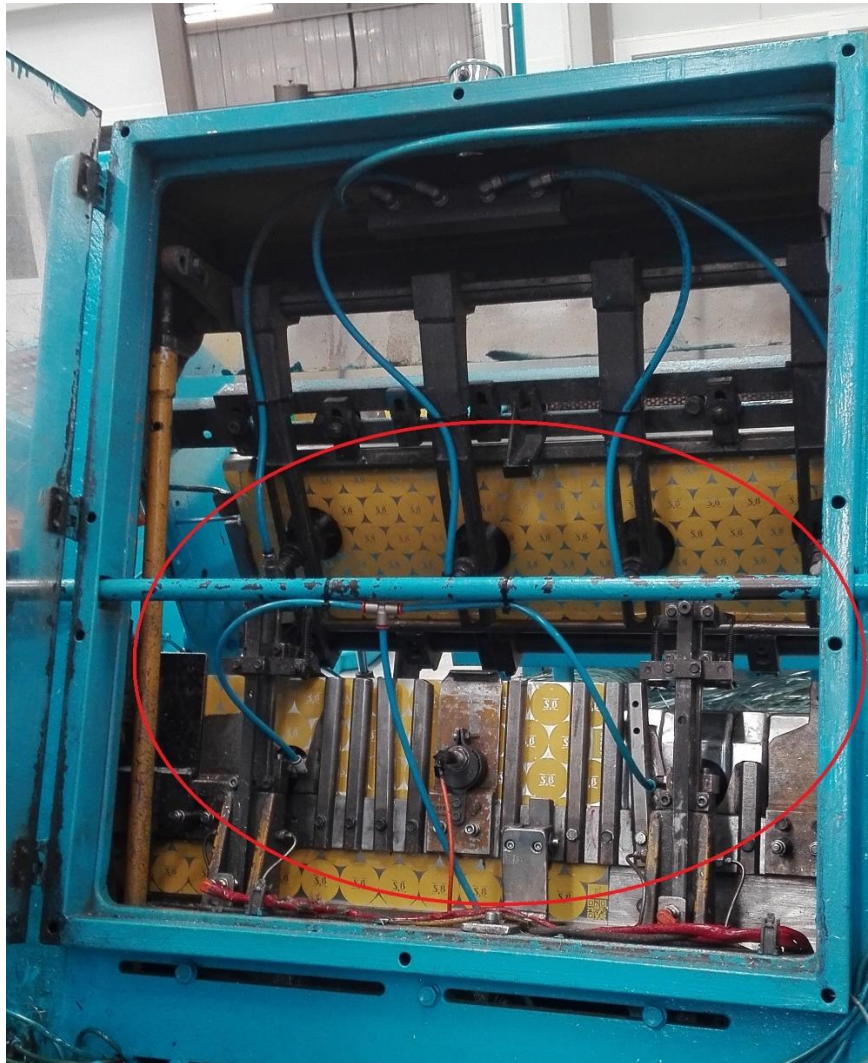
- Atrapamiento en zona de troquel: En el caso de que el operador esté actuando en esta zona y la prensa arranque, se tendrá atrapamiento, esto conlleva que el operador sufrirá seccionamiento de alguno de sus miembros debido a la fuerza que genera la máquina.



Fuente: Elaboración Propia

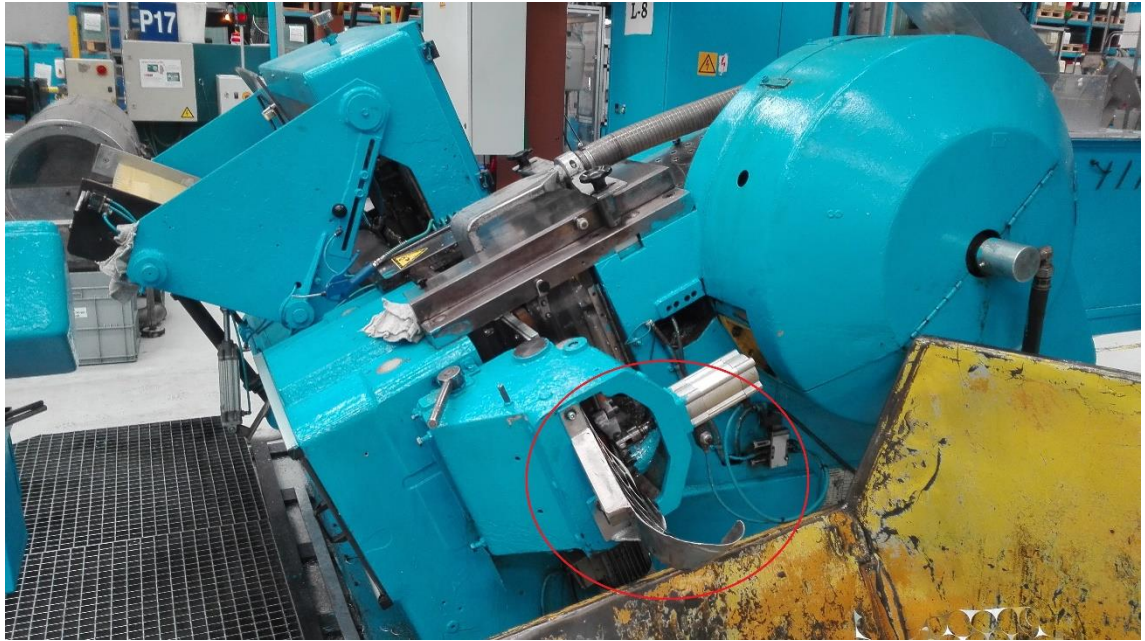
Figura. 5.1 Atrapamiento zona troquel

- Corte en alimentador y salida retal: debido al pequeño espesor de las láminas de aluminio puede provocar cortes cuando estas se están moviendo en la máquina. Las láminas de aluminio tienen un espesor de 2-3 mm dependiendo del producto.



Fuente: Elaboración Propia

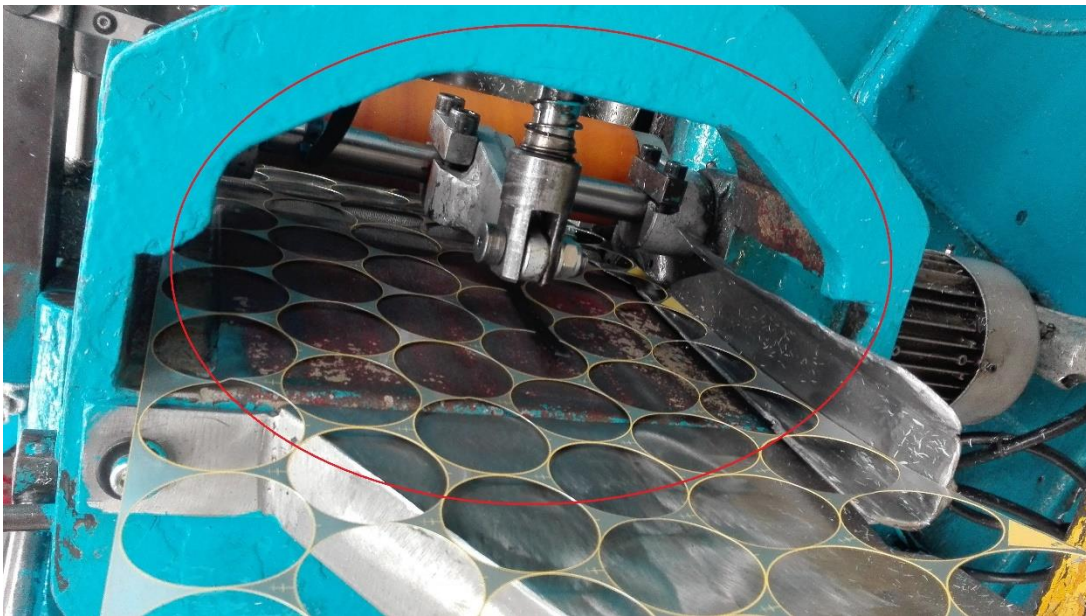
Figura. 5.2 Corte zona alimentación



Fuente: Elaboración Propia

Figura. 5.3 Corte zona salida retal

- Aplastamiento y atrapamiento salida retal: Cuando se activa el pistón con rodillo puede ocasionar atrapamiento y aplastamiento debido a la fuerza que ejerce el pistón sobre la lámina de aluminio.



Fuente: Elaboración Propia

Figura. 5.4 Atrapamiento zona salida retal

- Atrapamiento en zona de transmisión: en la zona de la cadena cinemática, volante de inercia, embrague y motor principal; tenemos peligro de atrapamiento en alguno de sus sistemas mecánicos. Esta zona está protegida con sus carenados, acollados a la maquina mediante tornillos que solo se pueden retirar mediante herramientas; pero durante las tareas de mantenimiento estas partes están expuestas.

5.1.3. Riesgo de proyección elementos

En el tipo de aplicación de la máquina del proyecto, se tiene un troquel que cierra a una presión muy alta. Se puede dar el caso que alguna rebaba o algún elemento que se encuentre sobre la lámina de aluminio en el momento de prensado, puede ocasionar una proyección de algún elemento a una velocidad muy alta.

5.1.4. Riesgo por exposición a ruido

La exposición constante a ruido ocasiona pérdida de audición, también entorpece la comunicación ya sea entre operadores como las señales acústicas de la máquina.

Este tipo de máquina es muy ruidosa, cada golpe del troquel provoca un fuerte ruido y muy constante, ya que se tiene un golpe cada 3-5 segundos.

5.1.4. Riesgo por la exposición a polvo, gases, etc.

Se desprenden durante el procesado de los materiales, pueden provocar problemas en el operador al inhalarlos o al tener contacto.

En el proceso de estampación y corte de la máquina, se desprenden pequeñas virutas que pueden afectar al operador.

5.1.5. Otros riesgos

- Riesgos por vibración, debido al golpeo constante de la prensa.
- Riesgos ergonómicos, debido a malas posturas al operar con la máquina.
- Riesgo de incendio.

5.2. Estimación del riesgo

Una vez se han identificado los riesgos, el siguiente paso sería estimar el grado de afectación.

Para ello nos basaremos en una pequeña guía de Evaluación de riesgos que ofrece el ministerio de trabajo y asuntos sociales en su web. [18]

5.2.1. Severidad del daño

Lo primero que hay que determinar es la severidad del daño, teniendo en cuenta las partes del cuerpo afectadas y la naturaleza del daño.

Las dividiremos en 3 tipos: [18]

- Ligeramente dañino: Daños superficiales, molestias e irritación.
- Dañino: Quemaduras, conmociones, torceduras importantes, fracturas menores, sordera, asma, dermatitis, etc.
- Extremadamente dañino: amputaciones, fracturas mayores, intoxicaciones, lesiones múltiples, lesiones fatales, cáncer y otras enfermedades crónicas.

A continuación, se asigna la severidad de daño a los riesgos establecidos en el punto anterior:

Riesgo eléctrico

- Contacto directo: Extremadamente dañino.
- Contacto indirecto: Extremadamente Dañino.

Riesgo mecánico

- Atrapamiento en zona de troquel: Extremadamente dañino.
- Corte en alimentador y salida retal: Dañino.
- Aplastamiento y atrapamiento salida retal: Dañino.
- Atrapamiento en zona de transmisión: Extremadamente dañino.

Riesgo de proyección de elementos

- Riesgo de proyección de elementos: Extremadamente Dañino.

Riesgo por exposición a ruido

- Riesgo por exposición a ruido: Dañino.

Riesgo por exposición polvo, gases, etc

- Riesgo por exposición a polvo, gases, etc: Ligeramente dañino.

Otros Riesgos

- Riesgo por vibración: Ligeramente dañino.
- Riesgo ergonómico: Ligeramente dañino.
- Riesgo por incendio: Extremadamente dañino.

5.2.2. Probabilidad de que ocurra el daño

El siguiente aspecto a determinar es la probabilidad de que ocurra el daño, con el siguiente criterio: [18]

- Probabilidad alta: Siempre o casi siempre
- Probabilidad media: algunas ocasiones
- Probabilidad baja: raras veces.

Se valoran la probabilidad teniendo en cuenta que no hubiese ninguna protección en la máquina.

A continuación, se asigna la probabilidad a los riesgos establecidos en el punto anterior:

Riesgo eléctrico

- Contacto directo: Probabilidad media.
- Contacto indirecto: Probabilidad baja.

Riesgo mecánico

- Atrapamiento en zona de troquel: Probabilidad alta.
- Corte en alimentador y salida retal: Probabilidad alta.
- Aplastamiento y atrapamiento salida retal: Probabilidad alta.
- Atrapamiento en zona de transmisión: Probabilidad media.

Riesgo de proyección de elementos

- Riesgo de proyección de elementos: Probabilidad baja.

Riesgo por exposición a ruido

- Riesgo por exposición a ruido: Probabilidad alta.

Riesgo por exposición polvo, gases, etc

- Riesgo por exposición a polvo, gases, etc: Probabilidad alta.

Otros Riesgos

- Riesgo por vibración: Probabilidad alta.
- Riesgo ergonómico: Probabilidad alta.
- Riesgo por incendio: Probabilidad baja.

5.3. Valoración del riesgo

Una vez se han determinado los aspectos de cada riesgo, se han de valorar en función de la siguiente lista:

- Trivial: No se requiere ninguna medida.
- Tolerable: No se requieren medidas, pero es conveniente periódicamente revisar este riesgo.
- Moderado: Se requiere medida para reducir el riesgo.
- Importante: Se requiere una gran reducción del riesgo.
- Intolerable: Se requiere la eliminación del riesgo.

En base a los criterios listados anteriormente, con los aspectos de severidad y probabilidad comentados en el punto anterior se tiene la siguiente tabla:

		SEVERIDAD		
		LIGERAMENTE DAÑINO	DAÑINO	EXTREMADAMENTE DAÑINO
PROBABILIDAD	BAJA	TRIVIAL	TOLERABLE	MODERADO
	MEDIA	TOLERABLE	MODERADO	IMPORTANTE
	ALTA	MODERADO	IMPORTANTE	INTOLERABLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.1. Tabla nivel de riesgos

Para finalizar este punto, en función de los aspectos de severidad y probabilidad asignados se da un valor a los riesgos comentados anteriormente.

RIESGO	SEVERIDAD	PROBABILIDAD	GRADO
Eléctrico - Contacto directo	EXTREMADAMENTE DAÑINO	MEDIA	IMPORTANTE
Eléctrico - Contacto Indirecto	EXTREMADAMENTE DAÑINO	BAJA	TOLERABLE
Mecánico - Atrapamiento zona troquel	EXTREMADAMENTE DAÑINO	ALTA	INTOLERABLE
Mecánico - Corte en aliemntado y salida Retal	DAÑINO	ALTA	IMPORTANTE
Mecánico - Atrapamiento y aplastamiento salida retal	DAÑINO	ALTA	IMPORTANTE
Mecánico - Atrapamiento zona transmisión	EXTREMADAMENTE DAÑINO	MEDIA	IMPORTANTE
Riesgo Proyección de elementos	EXTREMADAMENTE DAÑINO	BAJA	MODERADO
Riesgo por exposición al ruido	DAÑINO	ALTA	IMPORTANTE
Riesgo por exposición a polvo, gases, etc.	LIGERAMENTE DAÑINO	ALTA	MODERADO
Riesgo por vibración	LIGERAMENTE DAÑINO	ALTA	MODERADO
Riesgo Ergonómico	LIGERAMENTE DAÑINO	ALTA	MODERADO
Riesgo por incendio	EXTREMADAMENTE DAÑINO	BAJA	MODERADO

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.2. Tabla grado de riesgos

5.4. Disposiciones mínimas

A parte de los riesgos que se han detectado en el punto anterior, hay que tener en cuenta todas las disposiciones que nos marca el Real Decreto 1215.

Estas disposiciones se han de cumplir para garantizar la seguridad de la máquina y cumplir con el Real Decreto.

Todos los riesgos detectados, ya hay una disposición que los cubre, pero hay otros riesgos o funcionalidades que pueden causar algún peligro pero que a simple vista no se perciben. Es por eso que gracias a las disposiciones se pueden detectar y solventar todos estos casos.

A continuación, se detallan todas las disposiciones:

5.4.1. Órganos de accionamiento

Los órganos de accionamiento, son los dispositivos externos sobre el que el operador actúa, normalmente con la mano o el pie. Por ejemplo, pulsadores, palancas, interruptores, pedales, teclados, pantallas táctiles, etc...

En esta disposición se hace mucho énfasis en la parte ergonómica de los dispositivos, que iría relacionado con el riesgo Ergonómico.

A parte de que estén situados a una altura óptima para que sea cómodo para el operador, también nos referimos a ergonómicos cuando, por ejemplo:

- Si el órgano de accionamiento mueve una parte de la máquina de la derecha, este tendrá que estar a la derecha en el panel de control.
- Si el órgano realiza un movimiento de elevación, el pulsador tendrá que indicar que realiza un movimiento de ascenso, ya sea con una flecha o mediante un indicador de texto.
- Si hay un grupo de pulsadores que mueven una misma zona de la máquina, estos han de estar agrupados.

La guía técnica del real decreto, marca las premisas generales que han de tener los órganos de accionamiento: [11]

- Ser fácilmente accesibles durante el funcionamiento de la máquina.
- El operador no esté en situación peligrosa cuando lo accione.
- No se puedan accionar de forma inadvertida.

El uso de pulsadores es muy común en la interacción del operador con la máquina, para ello el RD, marca unos colores en función de su funcionalidad: [11]

- Puesta en marcha / puesta en tensión: BLANCO; en el caso de máquinas antiguas es aceptable el color VERDE.
- Parada / puesta fuera de tensión: NEGRO; en el caso de máquinas antiguas es aceptable el color ROJO.
- Parada de emergencia o iniciación de una función de emergencia: ROJO (sobre fondo AMARILLO, en el caso de un pulsador o de una manilla).
- Supresión de condiciones anormales o restablecimiento de un ciclo automático interrumpido: AMARILLO.
- Rearme: AZUL.

5.4.2. Sistemas de mando

Un sistema de mando es un conjunto de componentes y dispositivos mecánicos, eléctricos, neumáticos, electrónicos e hidráulicos que tienen como objetivo controlar las operaciones de una máquina.

Este sistema tiene que tener la capacidad de detectar si tiene algún problema, ya sea fallo o error, para no generar ninguna situación peligrosa. Será importante profundizar en los casos más comunes como fallo en la alimentación o error humano.

En el caso de fallo de alimentación puede provocar situaciones de riesgo al cortarse, ya sea porque se cae una pieza que se estaba transportando o al restablecerse, porque realice un arranque intempestivo. El arranque intempestivo está prohibido.

El error humano lo evitaremos con una buena formación del operador y teniendo en cuenta las disposiciones de los órganos de accionamiento comentados en el punto anterior.

Cuando hablamos de prensas, el sistema de mando por excelencia es el Mando a dos manos, o como se conoce coloquialmente, el mando Bimanual. Es un sistema de mando habitual en este tipo de máquinas debido al riesgo de atrapamiento tan alto que se tiene. Se consideran como dispositivos de mando a dos manos, aquéllos en los cuales se requieren ambas manos para iniciar un movimiento peligroso de una máquina. Por tanto, el accionamiento del movimiento de la prensa se tiene que efectuar mediante un mando a dos manos.

Las principales características de construcción son:

- Se precisan ambas manos para accionarlo, no se permite la utilización del brazo usando la mano y el codo.
- Simultaneidad en el accionamiento, no se pueden accionar con una diferencia de 500ms entre los 2 pulsadores.

Para acabar con este punto, se detalla el funcionamiento del paro y la marcha. El paro siempre ha de ser una orden superior a la marcha. Siempre que se active el paro la maquina se parará, independientemente de la situación en la que este la marcha.

5.4.3. Puesta en marcha

Lo más importante de este punto, es que la puesta en marcha sólo se podrá efectuar mediante un acto voluntario, ya sea puesta en marcha inicial o tras una parada.

Cuando se dice acto voluntario, se quiere decir activando un órgano de accionamiento diseñado para ese fin. No se puede poner en marcha la maquina al rearmar una seta de emergencia o cerrar una protección, estos casos son intolerables, siempre se ha de hacer mediante uno o varios órganos de accionamiento con esa función.

Cuando se disponga de diferentes modos de funcionamiento, al cambiar este modo tanto por un selector o por un panel HMI, siempre será necesaria una puesta en marcha tras el cambio.

Existe un modo de funcionamiento, en el cual se puede trabajar desactivan algunas funcionalidades de seguridad. Estos casos suelen ser modos de funcionamiento de ajuste de la máquina o mantenimiento; en estos casos se permiten suprimir algunas funcionalidades, pero siempre respetando las siguientes premisas: [11]

- Operadores especialmente formados.
- Dispositivo de selección de modo bloqueable, para que nadie puede modificar el modo de funcionamiento durante la realización de las tareas.
- Indicar que se está trabajando en este modo de funcionamiento.
- El suprimir funcionalidades de seguridad se tiene que compensar con el uso de otros dispositivos que nos garanticen un trabajo seguro, por ejemplo, mando de

acción mantenida, puesto portátil con mando inhibido, limitaciones de velocidad, etc.

- Inhibir no solo el arranque de otros modos, sino también funcionalidades que pongan en riesgo al operador, por ejemplo, un sensor que activa una cuchilla al detectar presencia; este tipo de acciones se han de bloquear.

5.4.4. Parada

Como se ha comentado anteriormente, siempre habrá un mando de parada y será superior a cualquier otro. Es posible que haya diferentes órganos de marcha, pero siempre el paro ha de prevalecer sobre el resto.

A parte de la parada normal, existen 2 tipos más de parada:

Para operativa (Pausa de la máquina): no quita alimentación a los accionadores, se suele utilizar para pequeños cambios de formato o pequeños ajustes de parámetros.

Para evitar problemas con este tipo de parada, hay que realizar una buena formación a los operadores para que se entienda que realmente la máquina no está parada sino en pausa.

Parada de emergencia: Su función es detener la máquina lo antes posible ante situaciones peligrosas. Sus principales requisitos son:

- Debe ser prioritaria sobre todas las funciones y todos los modos de funcionamiento.
- La energía de los accionadores se han de suprimir lo más rápido posible.
- El rearme de la seta de emergencia no provocará la puesta en marcha de la máquina. En el caso que haya diferentes dispositivos de seguridad, el circuito no podrá rearmarse hasta que todos los dispositivos estén desclavados.

5.4.5. Riesgos debido a la proyección de objetos

En esta disposición nos define como debemos tratar los puntos donde se tienen riesgos del tipo proyección de objetos, en el proyecto anteriormente se han identificado este tipo de riesgo.

Dichas medidas consisten esencialmente en: [11]

- Proveer a los equipos de trabajo de resguardos fijos o móviles que puedan retener dichos objetos o partículas y que molesten lo menos posible a la hora de realizar el trabajo
- En la medida de lo posible, disponer los equipos de trabajo de manera que se evite que las personas se puedan encontrar permanentemente en la trayectoria de los objetos o partículas en movimiento.
- Colocar obstáculos o cualquier otro medio para impedir que las personas puedan circular por las zonas en las que se pueden producir estos peligros.

5.4.5. Riesgos debido a emisión de gases, vapores, líquidos o polvo

Este riesgo está identificado en el proyecto, por tanto, hay que tener en cuenta lo que marca esta disposición.

Según sean las propiedades peligrosas de la sustancia emitida, se evalúa la necesidad de tener medidas de ventilación localizada. En el caso que si lo sea, se ha de implantar un sistema de captación y extracción. [11]

Otras medidas más efectivas:

- Ventilación
- Cambio de método; por ejemplo, cortar por vía húmeda.
- Organización del trabajo
- Protección individual, esta es la más restrictiva.

5.4.5. Elementos móviles y resguardos y dispositivos de protección.

El objetivo de este apartado es suprimir o reducir los riesgos debido a peligro mecánico (atrapamiento, aplastamiento, arrastre, cizallamiento, etc.) producidos por elementos móviles de transmisión o de trabajo; en el análisis de riesgos se han determinado varios riesgos de este tipo.

Lo más común para evitar este tipo de riesgo es colocar resguardos, la premisa que marca el RD para estos dispositivos es la siguiente: [11]

- Serán de fabricación sólida y resistente.
- No ocasionaran riesgos suplementarios.
- Deberán estar situados a suficiente distancia de la zona peligrosa.
- No dificultarán la observación del ciclo de trabajo.
- Deberán permitir las intervenciones imprescindibles.

En cuanto a los elementos de transmisión, al ser unos elementos que no es necesario acceder con mucha frecuencia, la solución pasa por colocar resguardos fijos.

Los resguardos fijos deben instalarse cuando no sea necesario acceder a la zona protegida por el resguardo o con poca frecuencia. Las intervenciones que se hagan requerirán el desmontaje de los resguardos mediante el uso de herramientas, de tal manera que la retirada del resguardo fijo sea de forma consciente.

En el caso que las zonas a proteger requieran de un acceso habitual, será necesaria la colocación de resguardos móviles, estos resguardos han de ir asociados a un dispositivo de enclavamiento o de enclavamiento y bloqueo.

- Enclavamiento: La máquina se detiene cuando se abren y no pueden arrancar mientras no se cierran.
- Enclavamiento y bloqueo: El resguardo no puede abrirse cuando la máquina funciona y permanece bloqueado hasta que haya desaparecido el riesgo de contacto con las partes móviles que protege.

Los dos tipos de resguardo al cerrarse no pueden dar la orden de puesta en marcha.

5.4.6. Señalización.

Los dispositivos de alarma del equipo de trabajo deben ser perceptibles y comprensibles fácilmente y sin ambigüedades. [11]

Si existe algún peligro en la máquina que pueda ocasionar un accidente se ha de señalar al operador para que este informado.

En los paneles de mando o en los armarios de control se suelen colocar los dispositivos de señalización. El uso más común son pilotos, montados sobre una baliza.

Según el RD los colores deben ser:

- Verde: Condición normal / Fin de alarma
- Amarillo: Anomalía / Intervención
- Rojo: Peligro / Acción urgente

A parte de la señalización de posibles riesgos o problemas en la máquina, hay que también indicar al operador, en el modo de trabajo en que está trabajando. Es importante que sea capaz de distinguir si está en modo automático o por ejemplo en modo ajuste o mantenimiento.

5.4.7. Consignación.

Este punto está enfocado a las tareas de mantenimiento o ajuste, ya que se ha de garantizar que el equipo está separado de su fuente de energía y que no se puede retomar sin que la persona que está manipulando en el interior de la máquina lo permita.

La consignación de un equipo de trabajo comprende: [11]

- Separación del equipo de trabajo de todas las fuentes de energía.
- Bloqueo de todos los aparatos de separación.
- Disipación o disipación de cualquier energía acumulada. (Elementos mecánicos que se mueven por inercia, calderines de aire a presión, baterías, etc...)

En el caso del proyecto, se han de tener en cuenta la separación de fuente de energía eléctrica, energía neumática y la inercia que tiene el motor principal con el volante de inercia.

Separación de energía eléctrica: Mediante seccionadores o interruptor automático con función de seccionamiento.

- Tiene que poder separar el equipo eléctrico del equipo de alimentación, y tener solo posición de abierto y de cerrado.
- Poder ser bloqueado en posición abierto por un candado, por ejemplo.

- Fácilmente accesible.

Separación de energía neumática: Válvula o distribuidor manual.

5.4.8. Riesgo de incendio.

Este riesgo es generado generalmente por el tipo de material procesado, por lo que es muy importante implementar sistemas preventivos, como detectores de gases a sistemas activos como elementos de captación-extracción.

5.4.9. Riesgo eléctrico, contacto directo e indirecto.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuesto contra el riesgo de contacto directo e indirecto. [11]

Para contacto directo: se evitará mediante alejamiento, interposición de obstáculos y aislamiento. Se protegerán todas las pares activas mediante envolventes, armarios y cuadros eléctricos. Como complemento a estas medidas se debe colocar una señalización en dicha envolvente, indicando el peligro eléctrico y que solo permite acceso a personal autorizado.

Por contacto indirecto: lo expuesto en el ICT-BT-24 del reglamento de baja tensión. [13]

- Protección por corte automático de la alimentación. Este dispositivo corta la alimentación general después de la aparición de un fallo, ha de impedir una tensión de contacto de valor suficiente.
- Protección por empleo de equipos de clase II.
- Conexión a masas de todos los equipos accesibles.

5.4.10. Riesgo ruido y vibraciones.

Los equipos en la medida de lo posible han de limitar mediante protecciones o dispositivos el riesgo por ruido o vibraciones.

Dependiendo del tipo de máquina, se utilizan diferentes dispositivos:

- Aislamiento antivibraciones

- Cabinas
- Apantallado
- Amarres elásticos
- Sustituir cadenas metálicas por trapezoidales
- Instalar silenciadores en las válvulas

En el caso que no se pueda disminuir el nivel de ruido y sea de alrededor de 85 db se debe suministrar protección a los operarios e indicarlo en la máquina en uso obligatorio dichos dispositivos.

6. Desarrollo de la solución

En este punto se definen los aspectos a tener en cuenta para el desarrollo técnico del proyecto. Técnicamente no se va a desarrollar, pero si se va a definir como se tienen que hacer las cosas y con qué tipo de componentes.

Para poder definir los diferentes aspectos, se explica cómo va a ser el funcionamiento de la máquina.

Se tienen 2 modos de funcionamiento que se seleccionan mediante un selector en el panel de control:

Modo automático: trabajo normal de la máquina. Se arranca primeramente el motor principal y una vez está arrancado el motor, se arranca el movimiento del troquel mediante un pulsador BIMANUAL, para asegurar que nadie tiene las manos dentro de este. El alimentador suministra láminas a la prensa y una vez prensadas, el retal sale por el otro extremo.

Modo Ajuste: En este modo el motor principal no funciona, únicamente se tiene que poder embragar la máquina para que mediante una palanca el ajustador/personal mantenimiento vaya moviendo el volante de inercia para realizar el ajuste del troquel. A parte del embrague, ningún otro accionamiento se puede arrancar. Para poder accionar el embrague en este modo debemos asegurar que el motor está parado.

6.1. Protecciones de la máquina

Lo primero que vamos a definir son las protecciones que debe tener la máquina. Nos vamos a basar en los riesgos mecánicos y los riesgos por proyección de elementos.

Se han detectado 3 zonas críticas: alimentación, zona troquelado y salida retal.

6.1.1. Protección alimentación.

La zona de alimentación es la encargada de introducir las láminas en la zona de troquel. Un sistema mecánico con ventosas introduce las láminas en el empujador. Hay que evitar que el sistema mecánico de las ventosas pueda golpear al operador y que el empujador pueda producir un corte con el avance de las láminas.

En esta zona de la máquina es normal que las láminas se puedan atascar, ya sea por un fallo en la introducción del material o que el material este defectuoso; como una doblez o un grosor no adecuado. Por este motivo hay que tener en cuenta que se tiene que acceder habitualmente.

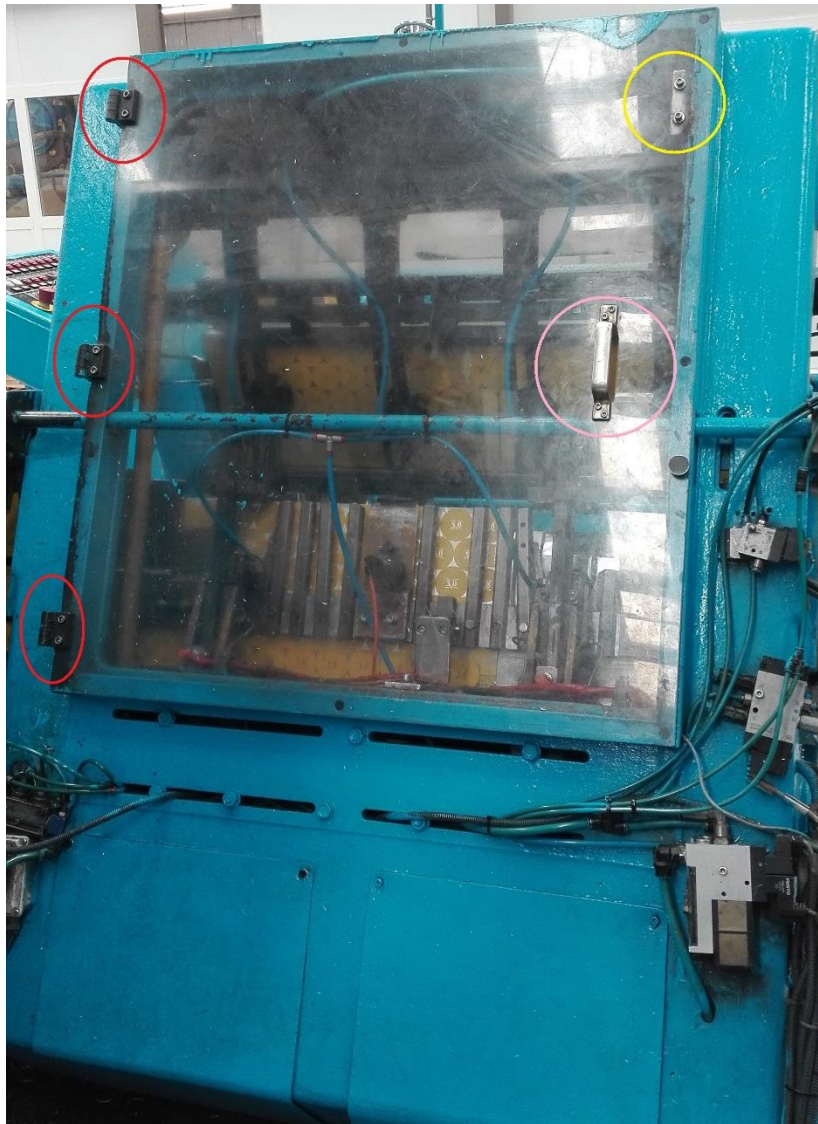
Este sistema mecánico no tiene ningún tipo de inercia, ya que se trata de un pistón neumático y un motor que al dejar de dar potencia se detiene al momento debido a la reducción mecánica del empujador.



Fuente: Elaboración Propia

Figura. 6.1 Protección alimentador

Por tanto, se montará una protección móvil con enclavamiento, no será necesario bloqueo. En el momento que la protección se abra la maquina se parará.

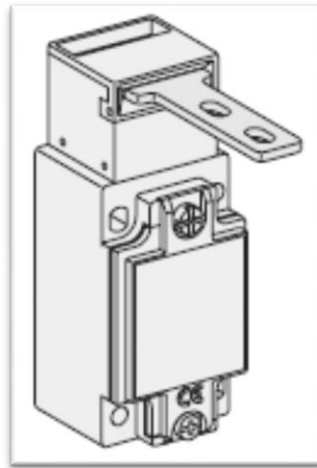


Fuente: Elaboración Propia

Figura. 6.2 Protección alimentador montada

Para facilitar la inspección del atasco, se monta una protección totalmente transparente, con 3 bisagras en la parte izquierda (color rojo) y un asa (color rosa). En la parte superior se monta el dispositivo de enclavamiento (color amarillo).

El dispositivo escogido es un interruptor de seguridad del fabricante Telemecanique, con un contacto normalmente abierto “NO” y otro normalmente cerrado “NC”. El dispositivo se monta en la parte fija, y en la protección móvil se monta el pestillo.



Fuente: Schneider electric

Figura. 6.3 Dispositivo de seguridad y pestillo

Más adelante se detalla cómo se conectará eléctricamente estos dispositivos en el sistema de control.

6.1.2. Protección salida retal.

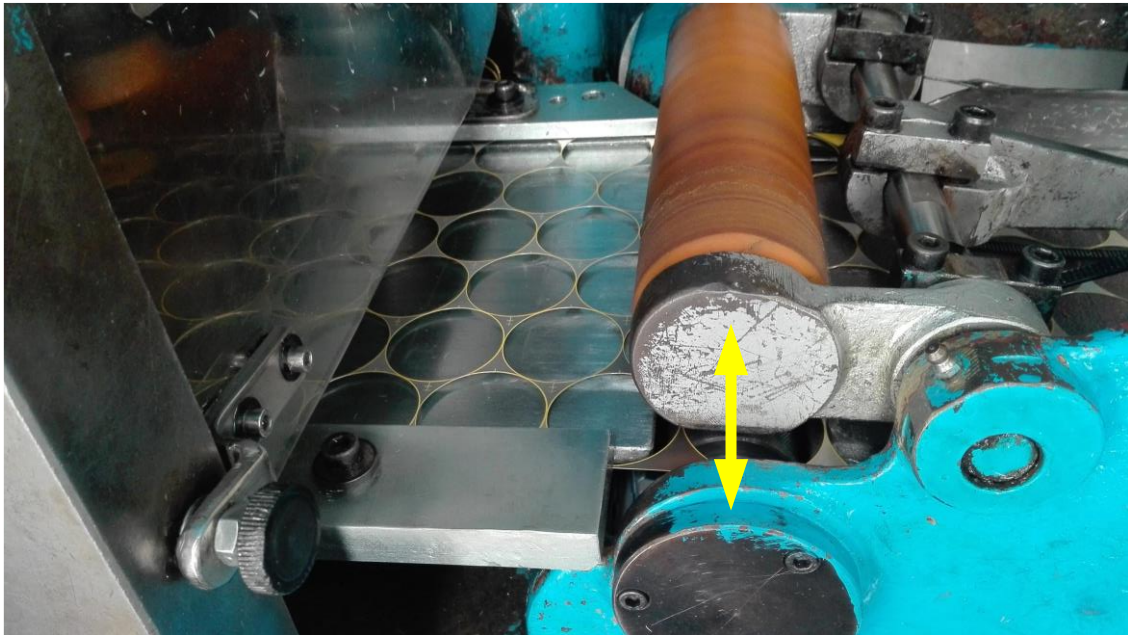
Esta zona de la máquina es la encargada de enviar el material sobrante del prensado al contenedor de rechazo.

Este sistema está compuesto por un pisto neumático que mueve un rodillo motorizado. En el momento que se detecta salida de retal el rodillo empieza a girar y el pistón baja, al bajar el pistón este hace presión sobre el retal y lo lanza hacía en contenedor.

Hay que evitar el daño por atrapamiento y/o corte de la lámina en esta parte de la máquina.

Igual que pasaba con la protección anterior, debido al desgaste del rodillo en muchas ocasiones se tienen problemas en este punto, por lo que es necesario acceder habitualmente.

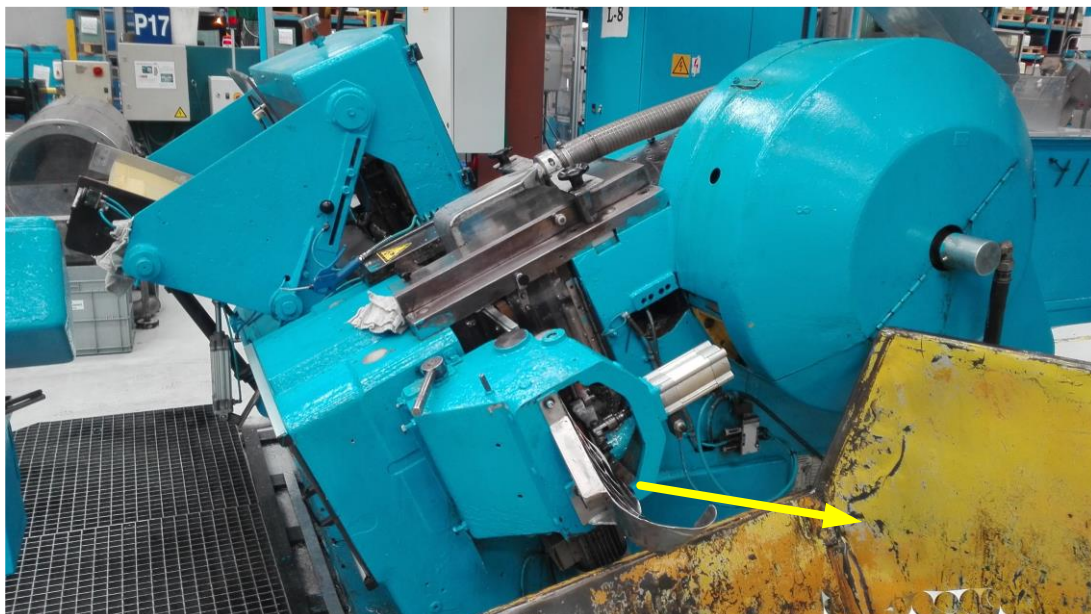
Este sistema en el momento de quitar potencia, el pistón sube y el rodillo se detiene; por tanto, no será necesario bloqueo para acceder.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 6.4 Pistón salida retal

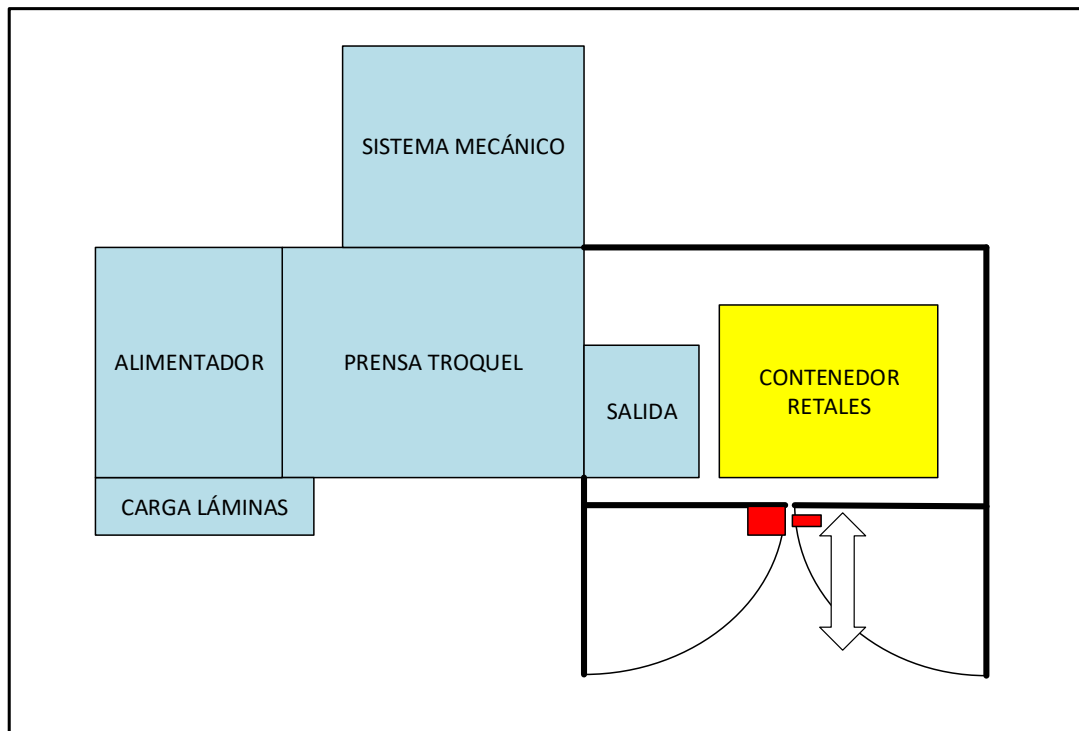
Otro detalle a tener en cuenta es que se ha de proteger no solo la parte del pistón que es donde puede estar el atrapamiento, sino también la zona de salida donde el retal sale disparado hacia el contenedor, ya que se pueden producir golpes o cortes del retal.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 6.5 Salida retal al contenedor

Como es una zona bastante amplia, se decide colocar un vallado de seguridad, con una puerta doble para poder acceder a la zona y cambiar el contenedor.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 6.6 Layout protección salida retal

Este vallado tiene una altura de 2,20 metros dejando en la parte inferior un espacio de 150 mm para tareas de limpieza, las protecciones son en formato reja, por lo que se puede observar el funcionamiento de los elementos fácilmente a través de los paneles.

El cierre se realiza con el mismo sistema que el de la zona de alimentación, con la diferencia que en un lado de la puerta está el dispositivo de seguridad y en el otro el pestillo. (Fig. 6.7.)

El vallado que se recomienda colocar es del fabricante TROAX, este fabricante nos garantiza el diseño y fabricación conforme a los requerimientos de la Directiva Europea 2006/42/CE, los estándares americanos ANSI/RIA y los estándares canadienses CSA.



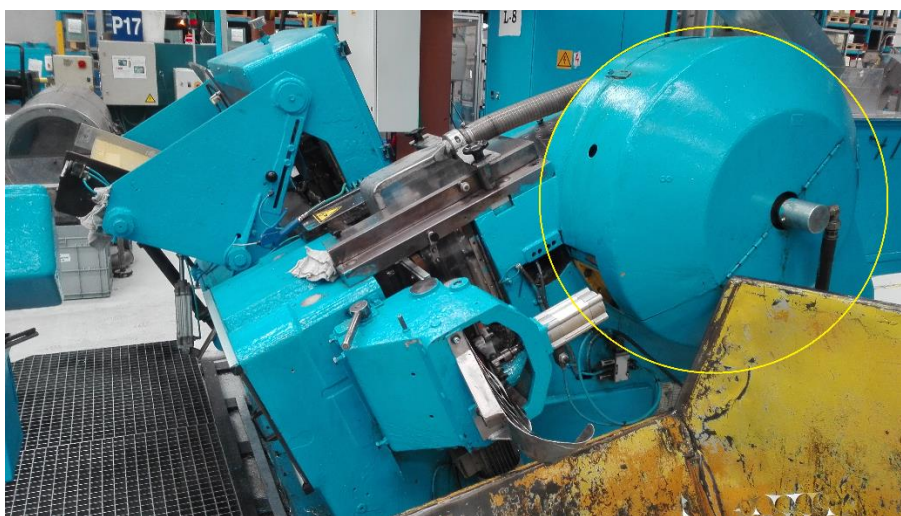
Fuente: TROAX

Figura. 6.7 Dispositivo seguridad salida retal

6.1.3. Protección sistema mecánico de transmisión.

En esta zona de la máquina se encuentran todos los sistemas mecánicos; el motor, cadena cinemática, volante de inercia, embrague, etc... Esta zona es muy peligrosa y se tiene que evitar su acceso.

En este caso, debido a que el acceso no es habitual, se coloca una protección fija, que solo se pueda retirar mediante alguna herramienta. De esta manera el riesgo se reduce considerablemente. Solo hay que abrir en caso de mantenimiento, por tanto, solo personal autorizado y cualificado podrá retirar la protección y actuar en la zona.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 6.8 Protección sistema mecánico

6.1.4. Protección zona troquel.

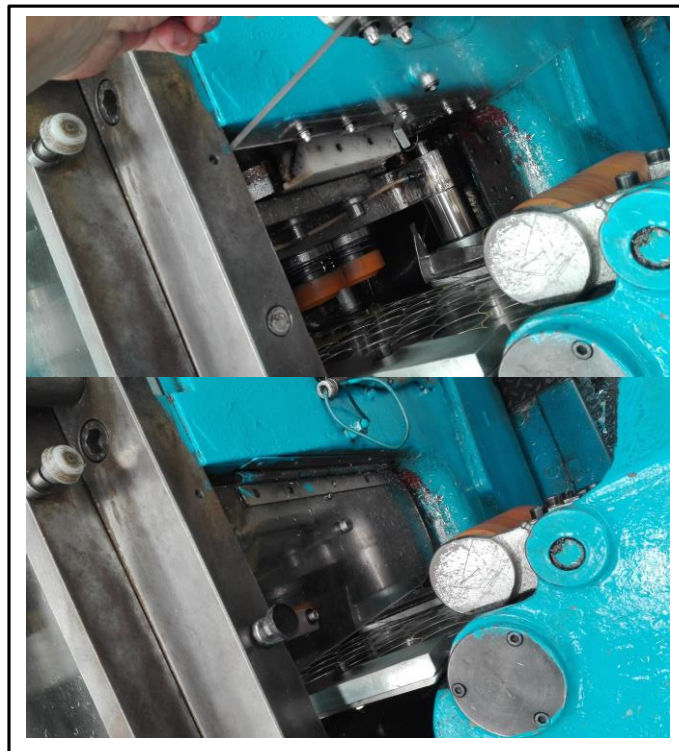
Esta zona es la más crítica a proteger, ya que es la zona donde se tiene un riesgo mayor. En el cierre del troquel la prensa ejerce muchos kilos de presión, el atrapamiento en este punto tiene unas consecuencias muy graves. A parte del peligro de atrapamiento, se tiene el riesgo por proyección de objetos, por tanto, en esta parte todas las protecciones serán sólidas, sin ningún tipo de apertura.

El acceso a esta zona es habitual ya que se pueden tener atasco de láminas.

El sistema, al tener el volante de inercia, tarda mucho en detenerse al quitar potencia. Sí que al dejar de actuar el embrague ya no se transmite la fuerza al troquel, pero no se puede depender del embrague para asegurar que no haya movimiento.

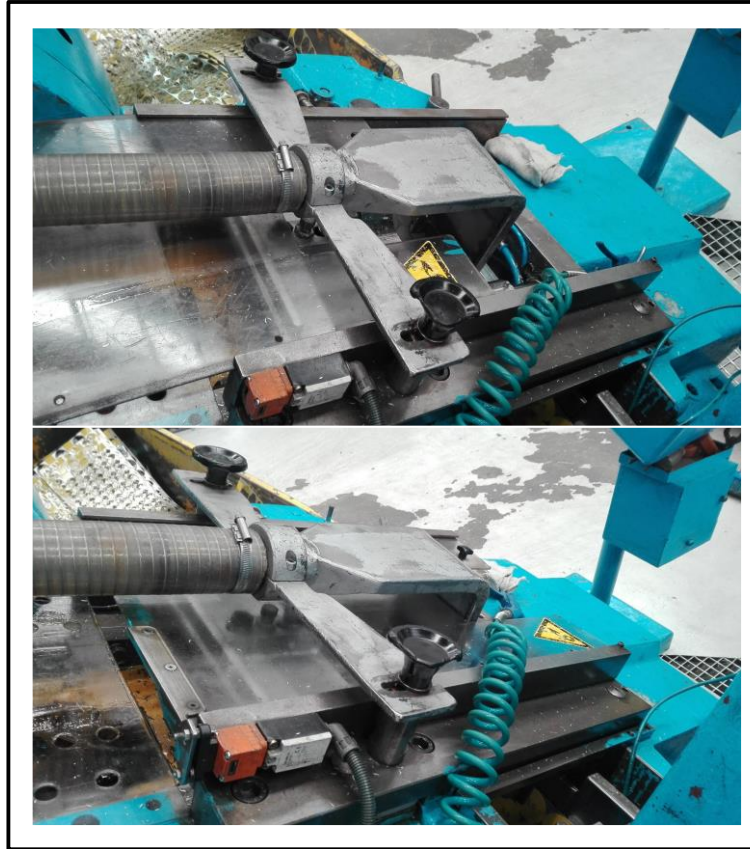
En esta zona se colocan protecciones móviles con enclavamiento y bloqueo, se desbloquea el dispositivo cuando se asegure que el motor está totalmente detenido.

En esta zona hay 2 protecciones, ya que se tienen 2 accesos. Uno lateral y otro central.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 6.9 Protección troquel lateral



Fuente: Elaboración propia

Figura. 6.10 Protección troquel central

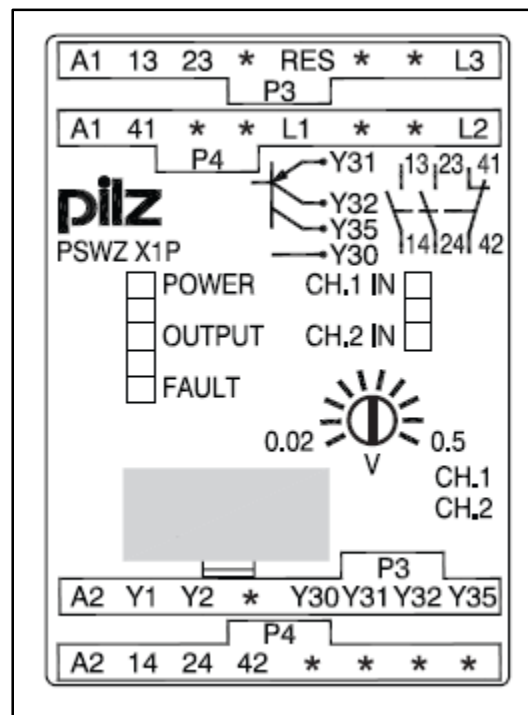
El dispositivo escogido es un interruptor de seguridad del fabricante Telemecanique, para conseguir el bloqueo en el cierre el equipo tiene una bobina que nos permite bloquear la apertura del dispositivo. A parte de los contactos de seguridad abierto “NO” y cerrado “NC”, este dispositivo tiene un contacto que nos indica si el cierre está bloqueado, hay que tenerlo en cuenta en el diseño eléctrico.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 6.11 Dispositivo seguridad con bloqueo

Se permitirá el desbloqueo siempre que el motor esté parado, para ello se coloca un dispositivo que nos permite detectar si el motor está en movimiento. En el dispositivo se conectan las 3 fases del motor, el equipo detecta cuando el motor está girando en vacío con las corrientes que este genera. Se recomienda colocar un equipo del fabricante PILZ, el modelo PSWZ X1P.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 6.12 Dispositivo PSWZ

Cuando detecta que el motor está parado las bobina K1 y K2 se cierran, cerrando el contacto 13-14 y 23-24. Se puede graduar la corriente mínima para detectar el paro del motor, para poder filtrar el ruido eléctrico.

Todos estos dispositivos cumplen la norma EN 60204-1; Seguridad de las máquinas - Equipo eléctrico de las máquinas.

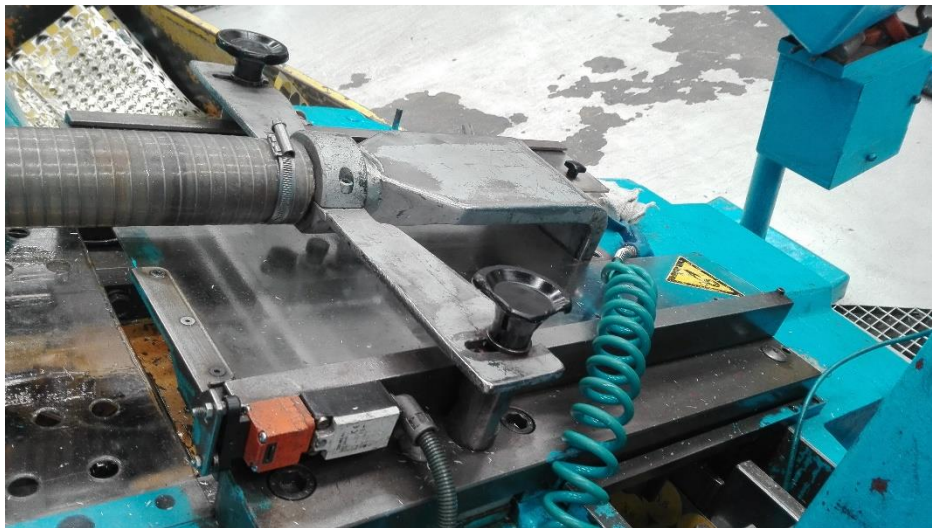
Más adelante se detalla cómo se conectará eléctricamente estos dispositivos en el sistema de control.

6.2. Sistema de aspiración

Uno de los riesgos detectados en el proyecto es el de emisión de partículas de aluminio que se producen al cortar las láminas.

Para evitar este fenómeno se instala un sistema de aspiración que evita que el operador este expuesto a estos elementos.

Justo en la zona central del cierre del troquel se coloca la boquilla de aspiración, está conectada a una bomba de aspiración que mediante un filtro almacena todos estos elementos.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 6.13 Aspiración de partículas

6.3. Ruido y vibraciones

El ruido y la vibración que produce la máquina es inevitable, el principio de funcionamiento de la máquina genera mucha fuerza en el cierre del troquel, pero si es posible reducirlo implementando algunas medidas.

La planta de producción del cliente esta repleta de este tipo de maquinaria, por tanto, el cliente ya tiene instaladas unas medidas de prevención en toda la planta. Dentro de la misma no se puede estar sin protección acústica, estando marcado el uso obligatorio de estos en toda el área de producción. Se colocará en la máquina una señalización donde indica el uso obligado de protección acústica.

Otra medida que se quiere implementar es sustituir todas las válvulas neumáticas por válvulas más modernas y con silenciadores, de esta manera el ruido se reducirá considerablemente; ya que actualmente los equipos antiguos tienen mucho desgaste y tecnología obsoleta.

Por último, se quieren cambiar los soportes de la prensa, colocando “silentblocks”; estos soportes absorben mucho las vibraciones de la máquina.

6.4. Órganos de accionamiento.

La prensa originalmente tiene un panel de control repleto de botones y pilotos luminosos, todos estos elementos le servían al operador para interactuar con la máquina. De todos estos botones, muchos se utilizaban habitualmente, pero otros no; lo mismo pasa con los pilotos. Por ello, con el fin de actualizar la máquina y facilitar el trabajo al operador, se diseña un nuevo panel de control.

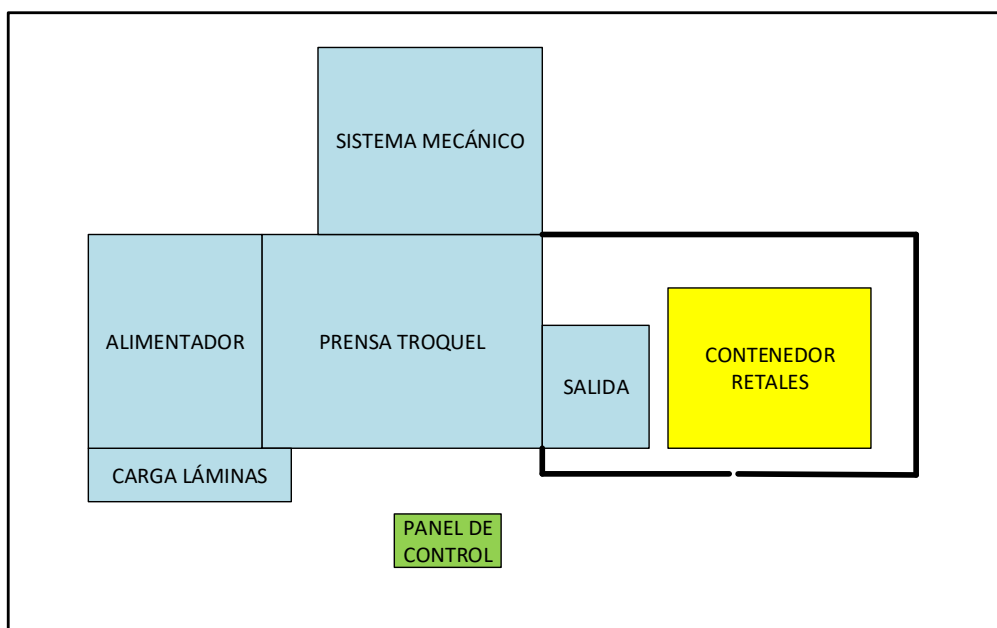
En el nuevo panel solo se colocarán los accionamientos imprescindibles, pasando el resto a una pantalla HMI. En la pantalla aparecerán las anomalías que surjan durante el proceso de producción, eliminando de esta manera todos los pilotos de aviso que tenía la máquina. Lo mismo pasa con los pulsadores que activaban movimientos manuales o habilitaban funcionamientos de la máquina.

Los únicos accionamientos que permanecerán en el panel serán:

- **Marcha/paro Motor principal:** Este accionamiento permite la activación del motor principal de la máquina. Siendo indispensable su control en el panel. Se utiliza un pulsador luminoso enrasado de color verde para arrancar el motor y rojo no luminoso para parar. Son enrasados para que no se pueden accionar involuntariamente. El luminoso señala si el motor está arrancado.
- **Marcha/paro bomba vacío:** Este accionamiento permite la activación de la bomba que aspira el producto estampado. Es una petición exclusiva del cliente que se ubiquen en el panel de control. Se utiliza un pulsador luminoso enrasado de color verde para arrancar el motor y rojo no luminoso para parar. Son enrasados para que no se pueden accionar involuntariamente. El luminoso señala si el motor está arrancado.

- Pulsador BiManual: Estos pulsadores al ser pulsados en el mismo instante activa el embrague para permitir el movimiento de la prensa. Son 2 pulsadores negros en formato seta, con embellecedor para evitar la pulsación intempestiva y sin usar las dos manos. El pulsador Bimanual consta de un contacto abierto “NO” y un contacto cerrado “NC”. El cambio de estado de cada contacto nos garantiza un nivel óptimo de seguridad y nos garantiza su correcto funcionamiento en caso de rotura de algún cable.
- Rearme: Al pulsar restablece todas las emergencias y seguridades de la máquina siempre que estén rearmadas. Se utiliza un pulsador luminoso de color azul. El luminoso indica si la máquina está rearmada.
- Selector de modo de funcionamiento: Selector negro de 2 posiciones, a la izquierda maquina en manual, a la derecha en automático.
- Seta de emergencia: Al pulsar realiza una parada de emergencia. Pulsador Rojo en formato seta con enclavamiento, se reama al girar. Tiene 2 contactos normalmente cerrados “NC”, que nos garantiza un nivel de seguridad óptimo al tener doble canal y su correcto funcionamiento en caso de rotura de algún cable.

El panel de mando es un pupitre que se instala delante de la máquina, a 1 metro de la zona de troquel.



Fuente: Elaboración propia

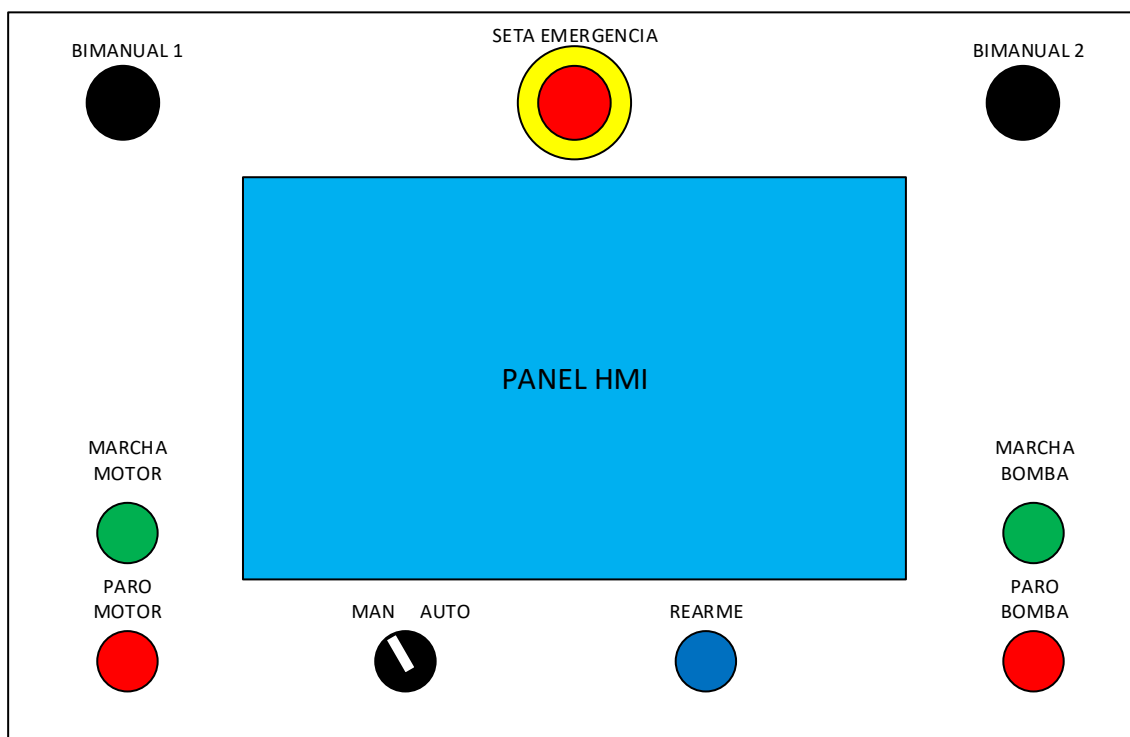
Figura. 6.14 Layout panel de control

El panel tiene unas dimensiones de 300 mm de ancho y 200 mm de alto, se coloca a una altura de 1,20 para evitar malas posturas y trabajar con comodidad.

En el centro se pone un panel HMI de 9" y alrededor el resto de elementos planteados anteriormente.

La seta de emergencia se coloca en la parte superior para que el operario acceda lo más rápido posible, a los lados de la seta en los extremos se colocan los 2 pulsadores de emergencia.

Los marcha/paro lo colocaremos en la parte inferior uno en cada extremo, para evitar la confusión del operador. Por último, debajo del panel en el centro se coloca el selector de modo y el rearme.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 6.15 Layout elementos panel de control

6.5. Control de seguridades y emergencias

Ya se han definido todos los elementos de seguridad que se necesitan en la máquina, a continuación, se listan y resumen:

Parada de emergencia: Hay un total de 2, uno en el panel de control y otro en el armario eléctrico. Es una seta de color rojo con enclavamiento y 2 contactos NC, su restablecimiento se realiza girando el pulsador. Su función es detener la máquina lo antes posible ante situaciones peligrosas.

Supervisión motor parado: Las fases del motor principal se conectan a este dispositivo, cuando no detecta corriente en las fases cierra sus contactos de seguridad. Este dispositivo nos garantiza que el motor principal se ha detenido.

Pulsador Bimanual: Son 2 pulsadores en formato seta con un contacto NA y otro NC, que nos garantiza que al activar el movimiento de la prensa las manos no están en un lugar peligroso.

Protecciones con enclavamiento: estos dispositivos se encuentran en las protecciones de alimentación de láminas y salida retal. Estas partes tiene un grado de riesgo moderado. Tienen un contacto NC para la seguridad y otro NA para señalar al PLC su estado. Al introducir el pestillo en el dispositivo los contactos cambian su estado.

Protecciones con enclavamiento y bloqueo: este dispositivo protege la zona del troquel, debido a su alto riesgo y a la inercia de su sistema mecánico el cierre tendrá bloqueo. Tiene un contacto NC para la seguridad y otro NA para señalar al PLC su estado. Al introducir el pestillo y bloquear la puerta los contactos cambian su estado.

6.5.1. Conexión PLC de seguridad

Todos estos sistemas de seguridad se tienen que controlar y gestionar de manera fiable, para ello existen diferentes opciones, desde los clásicos relés de seguridad a los modernos PLC de seguridad.

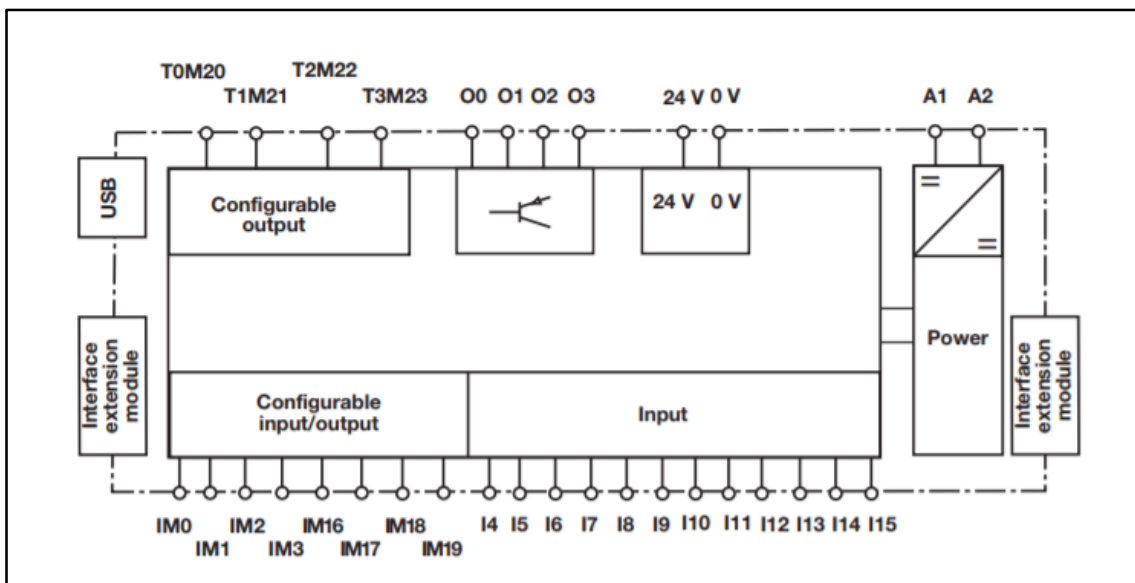
Debido al gran número de seguridades se opta por implementar un PLC de seguridad, ya que nos reduce mucho el espacio, las conexiones, nos proporciona mucha flexibilidad y son igual de fiables y robustos. En el capítulo 2.2.4 se detalla este tipo de dispositivo.

El PLC recomendado es el PNOZ mb0, es un PLC de seguridad modular, esto quiere decir que se pueden ampliar con módulos la conexión de más entradas/salidas.

Las principales funciones de seguridad:

- El cableado está estructurado de forma redundante con autocontrol.
- La instalación de seguridad permanece activa aun cuando falle uno de los componentes.
- Las salidas de seguridad son verificadas periódicamente por medio de una comprobación de desconexión.

En el bloque principal incorpora entradas salidas de diferente tipo:



Fuente: manual PNOZ m B0

Figura. 6.16 Layout conexiones PNOZ m B0

Configurable Output (TM): Salidas codificadas con pulsos de frecuencia distintos, esto se utiliza para realizar la realimentación en canales de seguridad, evita que se puenteen los dos canales, ya que cada uno tiene una frecuencia distinta. En el proyecto se usa para el Bimanual.

Salidas transistor (O): Salidas a transistor simples, se utilizan para avisar de estados al PLC.

Input (I): Entradas seguridad, aquí es donde se conectan todas las señales de seguridad a controlar.

Entradas salidas configurables (IM): Se pueden configurar como entradas de seguridad o salidas a transistor, en el proyecto se usan como entradas.

En el módulo principal no tenemos ninguna salida con contacto libre de potencia para poder intervenir en los sistemas de mando, para ello PNOZ tiene un módulo el “m EF 4DI/4DO” con 4 entradas simples y 4 salidas libre de potencial.

A continuación, se definen donde se conecta cada dispositivo, para ver la configuración del programa del PNOZ.

Módulo Principal (a0)

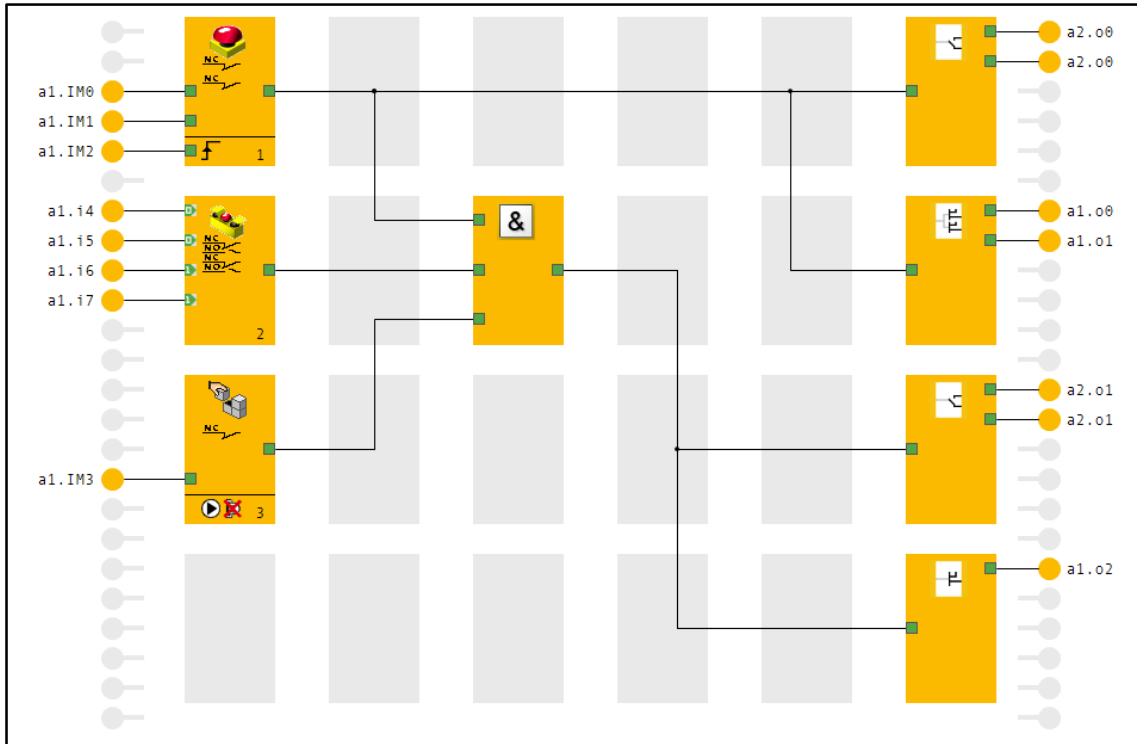
- I0-I1: Entradas 2 canales seta de emergencia.
- I2: Rearme emergencia
- I3: Habilitación Bimanual. El PLC principal autoriza el uso del Bimanual.
- I4-I5: NA-NC canal 1 bimanual.
- I6-I7: NA-NC canal 2 bimanual.
- I8: Canal seguridad protecciones.
- I10: Canal seguridad protección troquel. Dispositivo bloqueo.
- I9-I11...I19: Libres
- T0M20-T1M21: Señal codificada para canales BiManual.
- T2M22-T2M23: Libres.
- O0: Salida de emergencia rearmada al PLC general.
- O1: Salida de emergencia rearmada al piloto del rearme.
- O2: Salida Bimanual activado al PLC general.
- O3: Salida al PLC general puerta y protecciones cerradas.

Módulo 4DI/4DO (a1)

- I0...I3: Libres.
- O0: Contacto libre potencia emergencia rearmada.
- O1: Contacto libre de potencia Bimanual activo.
- O2: Contacto libre potencia protecciones.
- O3. Contacto libre potencia protección troquel.

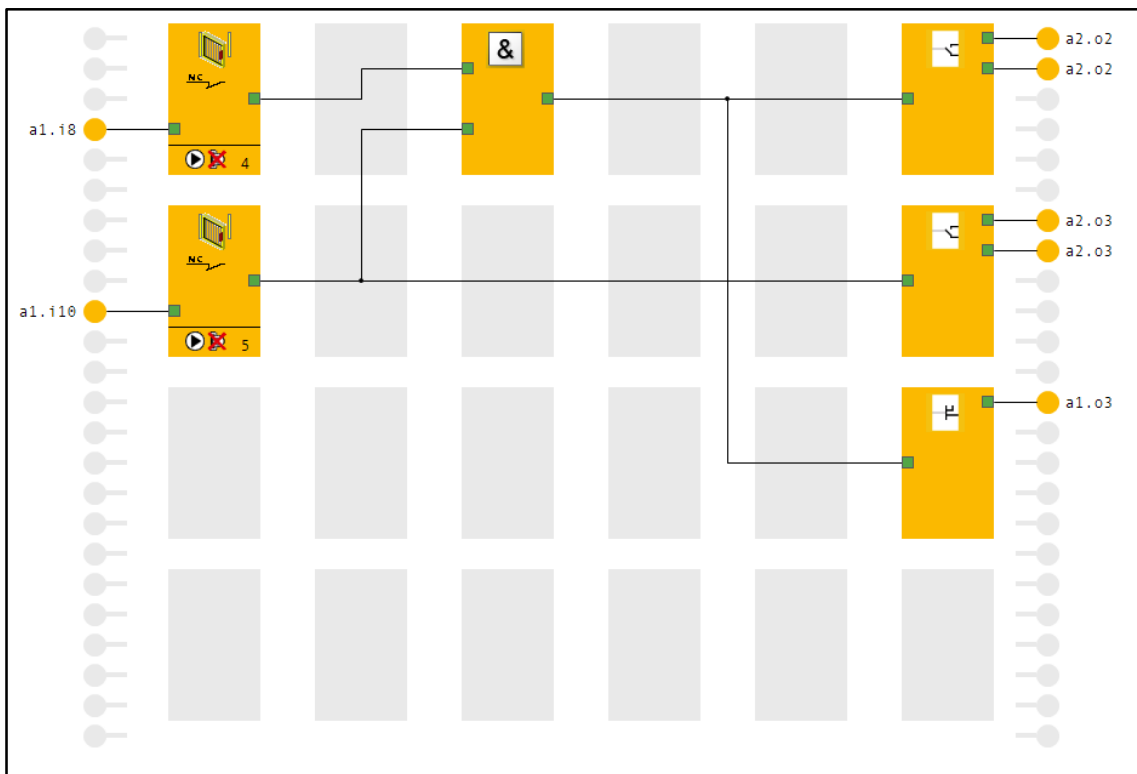
En el anexo, se pueden ver con detalle las conexiones a realizar.

Una vez se saben las entradas/salidas, el programa de control de las seguridades será el siguiente:



Fuente: Elaboración propia

Figura. 6.17 Programa PLC seguridad parte 1



Fuente: Elaboración propia

Figura. 6.18 Programa PLC seguridad parte 2

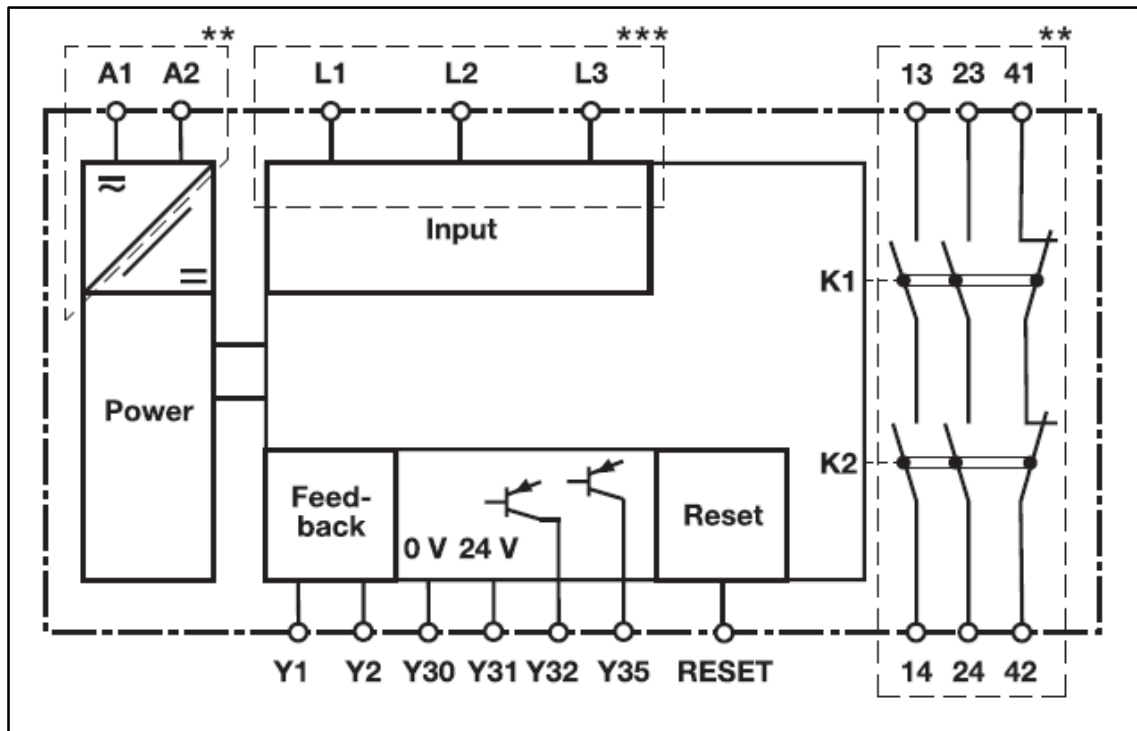
La programación del PNOZ se realiza con funciones ya preestablecidas para cada aplicación. Se puede unir las entradas a las salidas, condicionando con bloques AND, OR y NOT o directamente conectadas.

6.5.2. Supervisión motor parado

Este dispositivo nos garantiza que el motor principal está parado. No se implementa en el PLC de seguridad ya que este tipo de aplicación no está soportada, por lo que como se ha comentado en el apartado “6.1.4 Protección zona troquel” el dispositivo es el PILZ PSWZ X1P.

A continuación, se definen las conexiones en el dispositivo:

- L1-L2-L3: Aquí se conectan las 3 fases del motor en paralelo.
- Y32: Salida transistor, se activan cuando el motor está parado. Se conecta al PLC general.
- Y35: Salida transistor, se activa si el dispositivo tiene algún fallo. Se conecta al PLC general.
- RES: Entrada digital. Para resetear el dispositivo en caso de fallo. Se conecta a una salida del PLC general.
- Y30-Y31: Alimentación transistores de salida.
- A1-A2: Alimentación dispositivos.
- Y1-Y2: Rearme del dispositivo, en el caso del proyecto será un rearme automático. Se realiza un puente entre los bornes.
- 13-14/23-24: Contactos libre potencial, se cierran cuando el equipo esta rearmado, lo que es lo mismo motor parado. Se utiliza para la maniobra del sistema de mando.
- 42-42: Contactos libre potencial, se abren cuando el equipo esta rearmado, lo que es lo mismo motor parado. Se utiliza para la maniobra del sistema de mando.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 6.19 Conexiones PSWZ

En el anexo, se pueden ver con detalle las conexiones a realizar.

6.6. Diseño del sistema de mando.

En el apartado “5.4.2 Sistema de mando”, se definía como que el principal objetivo del sistema de mando era que al tener algún problema no generara una situación peligrosa. Poniendo como principales causantes el error humano o de falta de alimentación.

En el caso del error humano, al tener todas las protecciones y sistemas de seguridad descritos en los puntos anteriores, se reduce o prácticamente se elimina cualquier situación peligrosa, si se le añade una formación al operador, se tiene garantizada la anulación de un posible riesgo.

En cuanto al error por falta de alimentación, en el proyecto se tienen sistemas mecánicos sin inercias, a excepción del motor principal, en este caso al tener el embrague se elimina la situación peligrosa, ya que el movimiento del motor no se transmite a la prensa.

En el proyecto hay diversos sistemas de mando, a continuación, se describe cómo funciona cada uno de ellos.

- Motor: En el caso del motor se tienen dos tipos de activación, directa de contactor o mediante variador de frecuencia. En los 2 casos se tiene un relé térmico que se activa en el caso que se produzca algún problema en el motor o en su cableado. La única diferencia se tiene en el motor principal, ya que se necesita modificar la velocidad para los diferentes formatos y regular las rampas de arranque y parada, es por ello que se añade un variador de frecuencia. El resto de motores son ventiladores, bombas y el rodillo de salida de retal, su activación es directa.
- Válvulas: Son válvulas neumáticas monoestables. El sistema neumático tiene una unidad de mantenimiento con filtro, lubricador y válvula manual general. De esta manera garantizamos un mantenimiento correcto del aire en la máquina. La bobina de la válvula es de 24 voltios en corriente continua (VDC). Todas las válvulas se activan mediante relé intermedio.
- Embrague: Es un embrague doble mecánico activado por una válvula 24 VDC. Su activación hace que transmita la velocidad del motor a la prensa. Al dejar de dar alimentación la máquina desembraga, de esta manera se asegura su desconexión al tener un fallo de alimentación.

Toda la alimentación de estos sistemas pasan por el contacto libre de potencia de la emergencia de la máquina(O0), por tanto cuando se active la parada de emergencia todos estos sistemas quedarán sin alimentación.

La activación del motor principal también pasa por el contacto libre potencial de la protección del troquel (O3). Si la protección no está cerrada y bloqueada no se podrá activar el motor, y en el caso que se abra perderá alimentación el contactor del motor principal.

La activación del embrague es el que tiene más complicación, primero porque influyen muchos sistemas y segundo porque hay que diferenciar los dos modos de trabajo; automático y ajuste.

A continuación, se detalla cómo es la activación del embrague en los dos modos de trabajo, al cambiar de modo se debe volver a activar el sistema.

- Automático: Tiene que estar cerrado el contacto libre potencia que indica protecciones y puertas cerradas (O2), el BiManual activado y la señal del PLC que nos indica que el motor ha llegado a la velocidad de preselección. Una vez activado el embrague hay una realimentación para poder soltar el BiManual. Por último, se tiene un relé en serie de todo, que en caso de activarse desembraga la máquina, esto se activa mediante el PLC general.
- Ajuste: Tiene que estar cerrado el contacto libre de potencia del dispositivo de supervisión de motor parado y el BiManual activado. En este caso las protecciones pueden estar abiertas. Por último, se tiene un relé en serie de todo, que en caso de activarse desembraga la máquina, esto se activa mediante el PLC general.

En el anexo, se pueden ver con detalle las conexiones a realizar.

6.7. Puesta en marcha y parada.

En el proyecto se tienen 2 niveles de puesta en marcha, el primer nivel sería el arranque del motor principal y segundo el arranque del movimiento de la prensa mediante el embrague.

La puesta en marcha del motor principal se realiza mediante los dos pulsadores del panel de control descritos anteriormente. Estos 2 pulsadores están conectados al PLC que es el que realiza la maniobra, teniendo en cuenta las condiciones de seguridad y alarma.

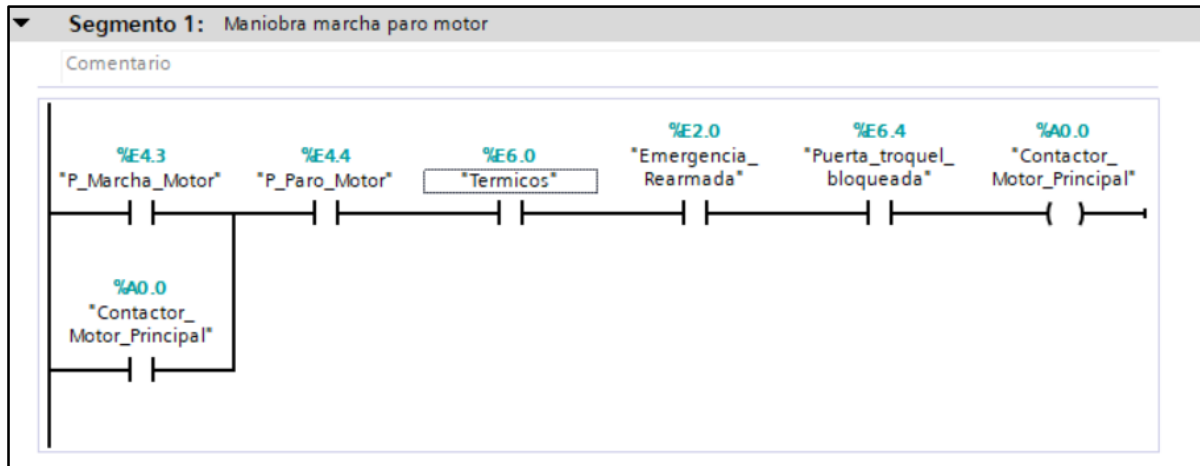
Una vez el PLC de la orden, como se ha comentado en el punto anterior, la señal ha de pasar por el contacto libre de potencia de protección troquel cerrada/bloqueada y el de la emergencia rearmada. En el caso de abrir la protección o de pulsar la seta el sistema se para y se ha de volver a accionar la marcha para arrancar.

Para activar el embrague, anteriormente se ha comentado la maniobra, ya que depende del modo de funcionamiento. El pulsador Bimanual es el que da la orden de marcha y un relé en serie es que da la orden de paro. Este relé es controlador por el PLC.

Al activarse el relé abre el contacto y detiene el sistema de embrague. En el esquema eléctrico del anexo, es el denominado "R4". En la maniobra del PLC se tiene en cuenta las seguridades y el modo de trabajo. Desde la pantalla se tiene ordenes de parada tanto

en ajuste como en automático. En el caso del automático realiza una parada controlada gracias a las levas que hay en el eje de la prensa.

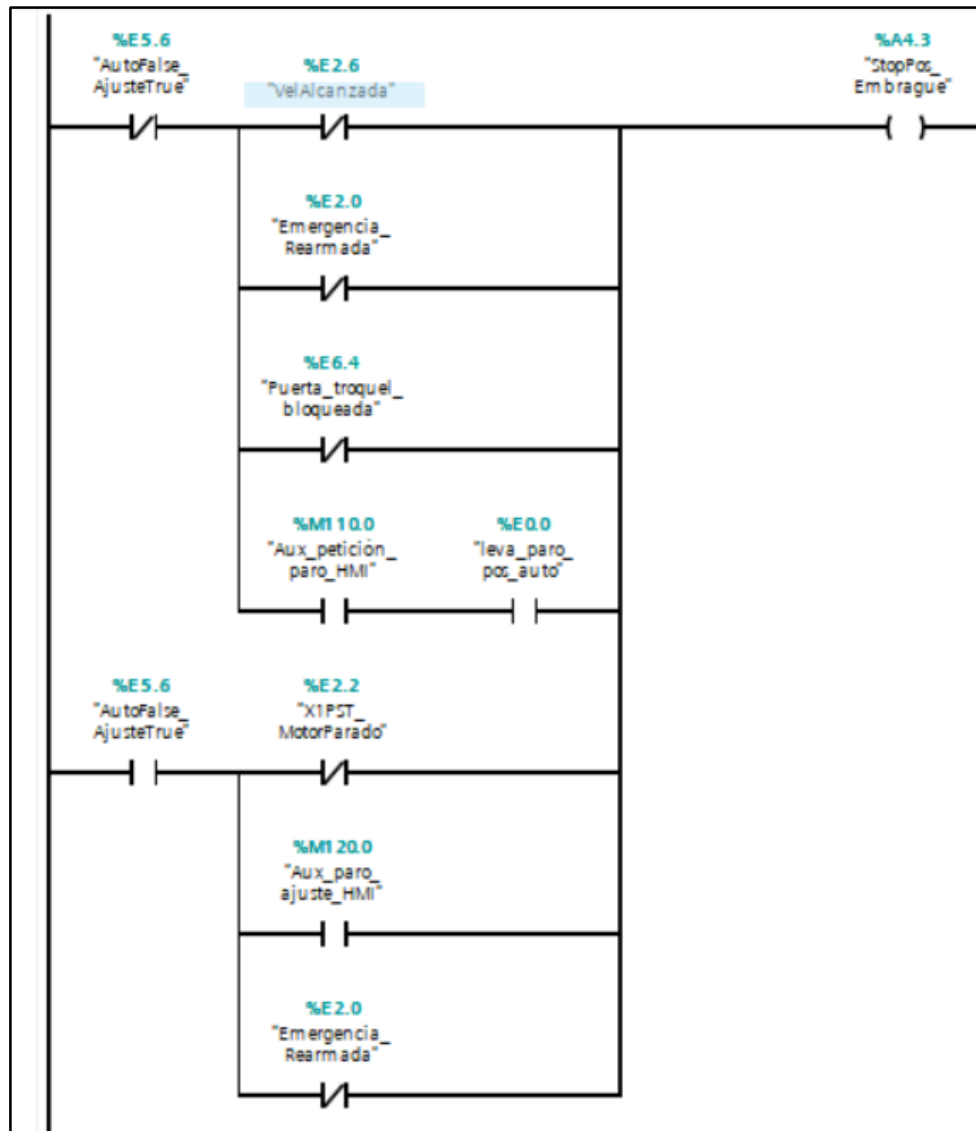
A continuación, se muestra la puesta en marcha en el PLC:



Fuente: Elaboración propia

Figura. 6.20 Maniobra marcha/parada motor principal

La maniobra del Relé del embrague en el PLC es la siguiente:



Fuente: Elaboración propia

Figura. 6.21 Maniobra paro embrague

6.8. Consignación.

Para garantizar la consignación, se deben utilizar elementos apropiados para esta funcionalidad.

Uno de los elementos más importante son los candados de consignación, estos candados son únicos, no se pueden realizar copias de las llaves y cada operador tiene el suyo propio, no pudiéndolo compartir con otro compañero.



Fuente: WURTH

Figura. 6.22 Candado de consignación

Las dos fuentes de energía de la máquina son la eléctrica y la neumática.

Para el corte de suministro eléctrico hay que utilizar seccionadores con bloqueo de candado de seguridad. Los seccionadores garantizan un corte seguro acorde a la potencia que consume la máquina, además tiene la opción de ser bloqueado por candado.

Es muy importante que el seccionador tenga la capacidad suficiente para poder cortar la potencia que consume la máquina, ya que si no es así puede ocasionar un riesgo.



Fuente: WURTH

Figura. 6.23 Seccionador

Para la energía neumática, se dispone de una válvula general con escape rápido para descargar el circuito de aire de presión. Esta válvula también dispone de un sistema para consignarla.



Fuente: SMC

Figura. 6.24 Válvula general aire

6.9. Señalización en la máquina.

En el proyecto se tienen 2 ubicaciones para la señalización, una en el panel de control principalmente en el panel HMI y otra en una baliza sobre la máquina.

En el panel HMI han de aparecer todas las alarmas o avisos de la máquina y su modo de trabajo actual. El panel tendrá un diseño sencillo que permita al operador saber fácilmente que le sucede a la máquina.

La baliza luminosa tendrá 3 pilotos: verde, amarillo y rojo; a continuación, se define el funcionamiento de cada uno.

- Verde: Luz fija, indica trabajo en automático. Luz parpadeante trabajo en modo ajuste. Permanecerá apagada si la máquina esta parada o aparece alguna alarma.
- Amarilla: Indica aviso o anomalía con luz fija. Este tipo de aviso no para la máquina, pero sí que advierte al operador de una posible parada de la máquina si no se actúa. Puede indicar también falta de producto en la entrada o atascos en la salida.

- Rojo: Indica alarma en la máquina con luz roja fija. La máquina se detiene.

Se había pensado poner una bocina para indicar alarma de la máquina, pero el cliente ha recomendado no hacerlo porque el ruido en planta es muy alto y apenas se escucharía.

6.10. Protección al riesgo eléctrico.

Se han de distinguir los 2 tipos de riesgo, el contacto directo y el indirecto.

6.10.1. Protección contacto directo

Todos los elementos que sean fuente de un contacto directo, estarán protegidos en el interior de un armario o caja eléctrica, donde su apertura requiera de herramienta o llave eléctrica. Todas estas cajas o armarios estarán señalizados con peligro eléctrico. (Fig.6.23)

Los actuadores distribuidos en la máquina, que necesitan de alimentación eléctrica para trabajar, tienen que tener un grado IP2.X o superior la parte exterior y un grado IP4.X o superior las partes interiores. Con esto aseguramos que no pueda haber un contacto directo en sus partes activas de conexión. En el caso que algún actuador no cumpla esta condición tendrá que ser substituido.



Fuente: PrevenSystem

Figura. 6.25 Señalización riesgo eléctrico

6.10.2. Protección contacto indirecto

El primer gran cambio para reducir el riesgo en caso de contacto indirecto, es cambiar la tensión de los circuitos de mando de 230V en corriente alterna a 24V en corriente continua. EL circuito de 24 V esta suministrado por una fuente de alimentación que aísla el circuito de potencia del de maniobra y protege todo el circuito. En caso de contacto del operador por algún tipo de fuga del aislamiento el impacto es menor, reduciendo considerablemente el daño.

Todos los elementos que puedan llegar a derivar algún contacto con la energía eléctrica, estarán puestos a tierra. Se revisarán todas las conexiones a tierra para garantizar su correcta derivación a masa. El cliente garantiza tener una correcta masa de la instalación, ya que este es el que provee las fuentes de energía de la máquina.

Se instala en la entrada de potencia de la máquina un interruptor diferencial. Este ha de cumplir que en el caso que detecte una derivación mayor a 300 mA en menos de 250ms desconecte la instalación de la fuente de energía eléctrica. Este dispositivo se conecta en el proyecto justo después del seccionador general, el tamaño ha de ser acorde a la potencia total de la máquina.

Por último, para garantizar una seguridad en toda la instalación, se ha de instalar una protección magneto térmica antes de cada circuito y/o actuador. Este ha de ser acorde a la potencia del circuito o actuador y será de curva C si es posible. La curva nos indica el tiempo que la intensidad puede estar por encima de la nominal. En caso de arrancadores es posible que se necesite una curva más lenta.

7. Cierre de la solución

Se han definido todas las modificaciones que se han de realizar en la máquina para que cumpla con el Real Decreto 1215.

Todas estas medidas se han adoptado siguiendo lo que marca el real Decreto, algunos casos los requisitos establecidos en el real Decreto son poco precisos y su aplicación práctica depende del criterio que se utilice para determinar si un elemento o un modo de funcionamiento es seguro.

Igualmente, todas las medidas adoptadas garantizan un nivel de seguridad suficiente, sí que es cierto que se pueden adoptar otras medidas para evitar o disminuir los mismos riesgos, al final los puntos de vista de cada persona pueden ser distintos.

Todas las observaciones relacionadas con conexiones eléctricas se detallan en el anexo, se puede encontrar unos esquemas de cómo tiene que ser las conexiones para garantizar su óptimo funcionamiento.

Los elementos o equipos que se detallan en el proyecto no tienen por qué ser estos, pero si han de cumplir las características que se definen; como por ejemplo el número de contactos, el tipo de contacto, la aplicación, funcionalidad, etc.

Por último, no hay que olvidar, que todas estas medidas se deben acompañar con una buena formación al operador de la máquina. De esta manera facilitaremos su labor y la de los demás.

8. Resumen presupuesto y viabilidad económica

8.1. Resumen presupuesto.

En el documento II se tiene en detalle el presupuesto del proyecto, a continuación, se muestra el resumen.

En este presupuesto están incluidos los costes directos e indirectos de las horas de ingeniería del proyecto, así como las amortizaciones en gasto de software y herramientas de trabajo.

SUBTOTAL INGENIERÍA	16.330,00€
TOTAL INGENIERÍA	20.412,50€
TOTAL AMORTIZACIONES	1.866,67€
<hr/>	
TOTAL	22.279,17€
IVA 21%	4.680,62€
<hr/>	
TOTAL PRESUPUESTO	<u>26.957,80€</u>

8.1. Viabilidad económica.

Saber la rentabilidad económica que le puede aportar al cliente las mejoras definidas en este proyecto, o la realización e implementación de estas mejoras junto con la actualización completa de la prensa, es muy difícil. La producción de la máquina va a ser más constante, ya que evitaría muchas paradas que actualmente se producen, pero se desconocen esas cifras, ya que es información confidencial del cliente. De todas maneras, las mejoras planteadas en este proyecto van más relacionadas a evitar posibles accidentes de los operadores y equipos, y esto es aún más complicado medirlo.

Lo que se va hacer es aproximar la inversión que el cliente debe hacer para implementar todas las mejoras comentadas y la actualización de la parte eléctrica y electrónica.

El presupuesto de ingeniería es de **26957,80€** a esto se tiene que sumar el coste del material, las horas de montaje e instalación y las horas de arranque y puesta en marcha.

Se realiza una aproximación del coste del material e instalación del armario de control nuevo con todos sus elementos y del panel de control:

Elemento	Descripción	Precio
Armario completo	La caja, dispositivos d seguridad, contactores, variador, PLC general, Relé, canales, cables , etc...	3.400,00 €
PLC de seguridad	Controlador de las seguridades	600,00 €
Módulo ampliación seguridad	Módulo de ampliación para tener salidas libre de potencia en el PLC de seguridad	320,00 €
Supervisor motor	Dispositivo de seguridad supervisión motor parado	335,00 €
Dispositivos enclavamiento 1	Alimentador	120,00 €
Dispositivos enclavamiento 2	Salida retal	120,00 €
Dispositivos enclavamiento y bloqueo	Troquel	380,00 €
Panel de control	Pantalla, pulsadores y soportes	500,00 €
Total material		5.775,00 €

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.1. Tabla coste material

Para las horas de instalación y arranque se tienen los siguientes costes:

Elemento	Descripción	Horas	Precio	Importe
Horas de proyectista eléctrico	Realizar esquema eléctrico y documentación.	40	35,00 €	1.400,00 €
Horas programar PLC	Realizar el programa del PLC	50	30,00 €	1.500,00 €
Fabricación armario	Fabricación y montaje del armario completo	60	20,00 €	1.200,00 €
Fabricación panel de control	Fabricación y montaje del panel de control	16	20,00 €	320,00 €
Montaje en la maquina	Montaje del armario y del panel de control	24	20,00 €	480,00 €
Arranque y puesta en marcha	Arrancar y probar la maquina en producción	40	30,00 €	1.200,00 €
Total coste mano de obra				6.100,00 €

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.2. Tabla coste mano de obra

Por lo tanto, el coste total de la implementación de las mejoras y la actualización de la prensa es de:

Presupuesto ingeniería	26957,80€
Material	5775.00€
Mano de obra	6100.00€
Total	<u>38832.80€</u>

El precio es orientativo, ya que el coste del material y las horas depende mucho de las relaciones del cliente con sus proveedores, el precio puede variar considerablemente.

Con esta cifra del coste total de implementación de las mejoras y la actualización el cliente puede calcular si el proyecto es viable económicamente. Aunque por el tipo de proyecto que es, relacionado con la seguridad, sobre todo; lo económico no tiene que tener un peso importante en la decisión de realizar o no del proyecto.

9. Conclusiones

Se han definido todas las medidas necesarias a implementar para asegurar que la prensa puede trabajar de forma segura según marca la legislación.

Para ello, se ha tenido que revisar toda la legislación referente a la maquinaria, primero de todo para saber cuál es la que afecta a este tipo de máquina y con este año de fabricación. Una vez conocido la directiva que le afecta, se ha estudiado con detenimiento cada uno de los artículos y disposiciones que marca el Real Decreto; para que posteriormente se apliquen en la modificación y adecuación de la prensa.

Se han dado todas las premisas e indicaciones para que una vez se decida realizar el proyecto total de actualización se puedan implementar sin ningún tipo de duda e incertidumbre.

El objetivo de adecuar la prensa para que sea segura, se ha conseguido, ya que tras la implementación de dichas observaciones y definiciones se podrá trabajar con la prensa con total seguridad.

Los dispositivos y sistemas recomendados son totalmente actuales, siguiendo así otra de las especificaciones marcadas en el proyecto; al igual que el utilizar como base un PLC general y una pantalla HMI para el control de la máquina.

El uso y operatividad de la máquina no ha sido afectada, únicamente el cambio de contenedor de retal. Al cambiar el contenedor se tiene que parar la máquina para abrir la puerta. El tamaño es lo suficientemente grande para tener que cambiarlo solo una vez al turno de 8 horas.

La realización del trabajo me ha aportado conocimientos relacionados con la seguridad y protección de personas y equipos que desconocía.

Es una materia poco trabajada en la universidad, tanto en master como en grado, y esto me ha ayudado a conocer como se trabaja en la seguridad de la máquina, algo indispensable a día de hoy.

Yo tengo experiencia profesional en la programación de maquinaria, pero siempre el ingeniero industrial marcaba como se debían realizar los trabajos de seguridad y como implementar las medidas; la realización del trabajo me ha ayudado a entender el motivo del porque instalar y conectar los sistemas de seguridad de ese modo.

Otro gran aprendizaje es el de leer, entender y aplicar una directiva; es un lenguaje y un modo de redactar muy distinto al utilizado normalmente.

En cuanto a la gestión del tiempo y el cumplimiento de la planificación realizada, no ha sido como esperaba. Se planificó una serie de semanas con unas horas estipuladas por semana, pero por motivos laborales no se han podido cumplir. El tiempo total sí que se ha cumplido aproximadamente. En el siguiente capítulo se detalla.

Por último, quería listar una serie de trabajos que se pueden realizar en el futuro y que por motivos de tiempo no se han podido trabajar en este proyecto.

- La protección de salida retal realizar una modificación para no tener que parar la máquina a la hora de cambiar el contenedor. Podría realizarse mediante barreras que las pudieras inhibir durante un período de tiempo controlado.
- Estudiar a fondo la bancada y base de la prensa para evitar la vibración y ruido que produce con el suelo. En este proyecto se ha recomendado una medida para reducirlo, pero habría que hacer un proyecto mecánico importante para reducirlo mucho más.
- Realizar el certificado CE.

10. Planificación y programación de futuro

10.1. Planificación

Las tareas del proyecto son las siguientes:

A-Búsqueda de información sobre el proyecto: Se realizará la búsqueda de toda la información necesaria para llevar a cabo el proyecto.

B-Estudio Real Decreto 1215: se estudia en profundidad las directrices que marca el Real Decreto 1215 para poder aplicarlo al proyecto.

C-Planteamiento de la solución: Una vez estudiado el Real Decreto, se plantea como se desarrolla el proyecto.

D-Estudio y desarrollo de la parte mecánica: se realizará el estudio y desarrollo de todo lo referente a las protecciones o elementos mecánicos que se deben mejorar en la máquina del proyecto.

E-Estudio y desarrollo de la parte eléctrica (Seguridades): se realizará el diseño de los componentes y sus conexiones relacionados con la seguridad de la máquina.

F- Estudio y desarrollo de la parte eléctrica (Puesta en marcha): se realizará el diseño de los componentes y sus conexiones para el arranque y control de la máquina.

G-Estudio disposiciones mínimas: se realizará el estudio de lo relacionado con las disposiciones mínimas que establece el real decreto.

H-Desarrollo programa de seguridad: se realizará el programa de control de las seguridades.

I-Cierre del proyecto: se cierra el proyecto poniendo en común las diferentes partes elaboradas.

I-Documentación del proyecto: realizar la documentación del proyecto.

Las horas destinadas a cada tarea serán:

Tareas		predecesora	duración
A	Búsqueda de información sobre el proyecto	-	50
B	Estudio Real Decreto 1215	A	30
C	Planteamiento de la solución	B	40
D	Estudio y desarrollo parte mecánica (Protecciones)	C	40
E	Estudio y diseño parte eléctrica (Seguridades)	D	60
F	Estudio y diseño parte eléctrica (Puesta en marcha)	D	50
G	Estudio disposiciones mínimas	D	30
H	Desarrollo programa seguridad	E,F	15
I	Cierre del proyecto	H,G	15
J	Documentación proyecto	I	50
		Total horas	380

Tabla 10.1. Tareas del proyecto

Tareas	PLANIFICACIÓN															
	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52
A	■	■	■	■												
B				■	■											
C					■	■	■									
D						■	■	■	■							
E								■	■	■	■	■				
F									■	■	■	■				
G										■	■					
H												■	■			
I													■	■		
J														■	■	■

Tabla 10.2. Gantt del proyecto

Los costes directos del proyecto serán:

Tareas		Precio	Horas	Importe
A	Búsqueda de información sobre el proyecto	35,00 €	50	1.750,00 €
B	Estudio Real Decreto 1215	40,00 €	30	1.200,00 €
C	Planteamiento de la solución	40,00 €	40	1.600,00 €
D	Estudio y desarrollo parte mecánica (Protecciones)	40,00 €	40	1.600,00 €
E	Estudio y diseño parte eléctrica (Seguridades)	40,00 €	60	2.400,00 €
F	Estudio y diseño parte eléctrica (Puesta en marcha)	40,00 €	50	2.000,00 €
G	Estudio disposiciones mínimas	40,00 €	30	1.200,00 €
H	Desarrollo programa seguridad	40,00 €	15	600,00 €
I	Cierre del proyecto	40,00 €	15	600,00 €
J	Documentación proyecto	25,00 €	50	1.250,00 €
		Total horas	380	14.200,00 €

Tabla 10.3. Costes directos del proyecto

La planificación se realizó contando un trabajo de 20 horas semanales, para empezar el día 9 de septiembre de 2018 (semana 37) y acabar justo antes de navidad sobre el 20 de diciembre de 2018 (semana 52).

Esta planificación ha tenido desviaciones, no tanto en el número de horas finales, sino en la planificación temporal. Ya que por motivos laborales se estuvo casi 2 meses sin poder trabajar con un ritmo de 20 horas semanales.

Es por eso que se tuvo que pedir prórroga de entrega para recuperar esos 2 meses de baja actividad por motivos laborales.

10.2. Programación de futuro

En las conclusiones se han listado una serie de futuros trabajos para realizar sobre el proyecto.

De estos trabajos hay uno que podría tratarse como una ampliación o modificación de este proyecto, sería el de cambiar la protección de salida de retal.

La idea sería el cambiar el sistema de protección, para intentar poder cambiar el contenedor de retales sin tener que parar la máquina.

Otra solución sería el sacar el contenedor de esta zona, poner un pequeño triturador y una cinta que sacara el material sin peligro alguno y los depositara en un contenedor fuera del recinto de seguridad.

Los otros dos trabajos comentados se tendrá que hacer con detenimiento un estudio y elaborar el proyecto, ya que es una modificación realmente importante en el caso de la bancada de la prensa y estudiar a fondo la ley y ser colegiado para firmar el certificado CE.

Referencias

Libros, directivas y artículos

- [1] Castellanos, F. (2007) HISTORIA DE LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN ESPAÑA
- [2] Jefatura del estado (2014) LEY 31/1995, DE 8 DE NOVIEMBRE, DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.
- [3] Consejo y parlamento europeo (2001) DIRECTIVA 2001/45/CE; DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES EN EL TRABAJO DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO, TEMPORALES EN ALTURA.
- [4] Consejo y parlamento europeo (1991) D 91/368/CEE, APROXIMACIÓN DE LAS LEGISLACIONES DE LOS ESTADOS MIEMBROS SOBRE MAQUINAS
- [5] Consejo y parlamento europeo (1993) D 93/44/CEE, APROXIMACIÓN DE LAS LEGISLACIONES DE LOS ESTADOS MIEMBROS SOBRE MAQUINAS
- [6] Consejo y parlamento europeo (1993) D 93/68/CEE, APROXIMACIÓN DE LAS LEGISLACIONES DE LOS ESTADOS MIEMBROS SOBRE MAQUINAS
- [7] Consejo y parlamento europeo (1998) D 98/37/CE, APROXIMACIÓN DE LAS LEGISLACIONES DE LOS ESTADOS MIEMBROS SOBRE MAQUINAS
- [8] Ian Fraser (2010) GUIA TECNICA DIRECTIVA 2006/42/CE
- [9] Consejo y parlamento europeo (1989) D 89/655/CEE, DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y DE SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES EN EL TRABAJO DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO
- [10] Consejo y parlamento europeo (1995) D 95/63/CEE, DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y DE SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES EN EL TRABAJO DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO

[11] Ministerio de trabajo e inmigración (2011), GUIA TECNICA UTILIZACIÓN EQUIPOS DE TRABAJO REAL DECRETO 1215/1997

[12] Manuel Lázaro Gallardo, (2006) PLCS DE SEGURIDAD FRENTE A PLCS DE PROPÓSITO GENERAL

[13] Asociación española de Normalización y Certificación (2002) REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN.

Página web

[14] Revista maquinaria pesada. (2012) HISTORIA DE LA SEGURIDAD INDUSTRIAL. <http://revistamakinariapesada.com/historia-de-la-seguridad-industrial/>

[15] PILZ.Fabricante de dispositivos de seguridad industrial (2018) INTERRUPTORES DE SEGURIDAD PILZ <https://www.pilz.com/es-ES/products-solutions/sensor-technology/safety-switches>

[16] Consultoría en prevención de Riesgos Laborales. (2017) PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES. http://accionpreventiva.com/1_9_preencion-de-riesgos.html

[17] CEPYME ARAGÓN (2015). SEGURIDAD EN EL USO DE MAQUINARIA EN EL SECTOR METAL. http://wordpress.cepymearagon.es/wp-content/uploads/20161017_GuiaMaquinariaSectorMetal.pdf

[18] Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. (2001) EVALUACIÓN DE RIESGOS LABORALES. http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias_Ev_Riesgos/Ficheros/Evaluacion_riesgos.pdf